



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del Título de
Ingeniería en Gestión Ambiental

Tema de Proyecto de Investigación:

**“Cambio climático y su influencia sobre la distribución geográfica potencial de especies
exóticas invasoras en Ecuador”**

Autor:

Muñoz Zambrano Karen Tatiana

Docente Auspiciante:

Blga. Yarelys Ferrer Sánchez, PhD.

Quevedo-Los Ríos- Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Karen Tatiana Muñoz Zambrano**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

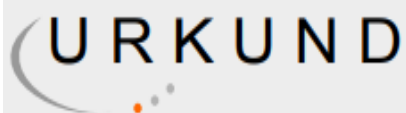
Karen Tatiana Muñoz Zambrano

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Blga. Yarelys Ferrer Sánchez, PhD.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Karen Tatiana Muñoz Zambrano** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**CAMBIO CLIMÁTICO Y SU INFLUENCIA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA POTENCIAL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN ECUADOR**”, previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....
Blga. Yarelys Ferrer Sánchez, PhD.
DIRECTORA DE TESIS

**CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE
PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO
ACADÉMICO**



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	TESIS KAREN MUÑOZ-URKUND.docx (D43141144)
Submitted:	10/27/2018 5:48:00 AM
Submitted By:	yferrer@uteq.edu.ec
Significance:	5 %

Sources included in the report:

MCTESIS_revision final.docx (D36525284)
Emilio_Vivas_EEI.docx (D40939038)

Instances where selected sources appear:

42



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TÍTULO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“CAMBIO CLIMÁTICO Y SU INFLUENCIA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA POTENCIAL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN ECUADOR”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental

Aprobado por:

DRA. LIDIA VLASSOVA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

ING. CARLOS NIETO CAÑARTE
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

ING. HARRY LOZANO MENDOZA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la fortaleza en mis momentos de debilidad, cuando creía que ya no podía en la oración encontraba mi apoyo incondicional, me ha guiado a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria.

Gracias al gran amor de mi vida y esposo Pedro Pablo De la Cruz, desde el día uno has creído en mí, siempre has apoyado cada una de mis metas y sueños, hasta el punto que se han convertido en tuyos, te amo y estaré eternamente agradecida por estar a mi lado durante estos 5 años en los momentos más difíciles y nunca haber permitido que fracasase, gracias por cada una de tus palabras de aliento.

Gracias a mis padres Hither Muñoz y Verónica Zambrano por la educación brindada a lo largo de mis años, gracias a Uds. aprendí desde pequeña el sentido de responsabilidad y el amor a los libros, a mi Hno. Ronald por el apoyo brindado, los amo con mi vida, gracias por confiar en mí y estar seguros de que lo lograría.

Gracias a mi Tía, mi amiga, América Zambrano te has convertido en un apoyo incondicional en mi vida, gracias por absolutamente todo por ser mi ángel guardián, te amo, Dios se encarga de poner a las personas correctas en nuestra vida y sin duda alguna tu siempre serás la mejor.

Gracias a cada una de las personas que han hecho posible que este sueño se cumpla, a mis maestros por sus enseñanzas y consejos sobre la vida diaria y profesional, a mis compañeros de clase y amigos Mayely Castillo, Wilmer Jacho, Juan Zurita, Génesis. Gracias totales a mi directora del proyecto, la Blga Yarelys Ferrer, PhD. por su dedicación constante, paciencia, tiempo y asesoramiento en el transcurso de la investigación, ya que sin su ayuda incondicional no hubiera tenido éxito en mi proyecto de investigación.

Agradezco al proyecto FOCICYT (6ta convocatoria) “IMPACTO POTENCIAL DE DIFERENTES ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN ECUADOR: EVALUACIÓN A PARTIR DE LA MODELACIÓN DEL NICHOS ECOLÓGICO ” que fue la base para el desarrollo de esta investigación.

Karen Muñoz Zambrano.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a Dios por ser el motor principal en mi vida, a mi tía América Zambrano por ser parte fundamental en este proceso. A mis padres Hither Muñoz y Verónica Zambrano y hermanos Ronald Muñoz, Juan Diego Muñoz, Jesús Andrés Muñoz. Les dedico uno de mis sueños más anhelados, por estar siempre en mi vida y apoyándome incondicionalmente.

De manera especial y con todo el cariño del mundo, este proyecto se lo dedico a mi esposo Pedro Pablo De La Cruz, por todo su amor incondicional y apoyo que me ha brindado durante estos 5 años. Y sin duda alguna le dedico todo mi esfuerzo a mi pequeña hija Alana, hoy tú eres mi mayor fortaleza para seguir superándome, llegaste a nuestra vida en el mejor momento, te amo mi pequeña.

Karen Muñoz Zambrano.

RESUMEN EJECUTIVO

La influencia del cambio climático en la biodiversidad no es cuestionable, debido al incremento de temperaturas en los últimos años lo cual favorece a que las especies exóticas invasoras (EEI) desplacen a las especies nativas de sus hábitats naturales, a causa de su adaptabilidad en entornos de constante perturbación. Esta investigación determinará a través de la evaluación del nicho ecológico de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental bajo escenarios futuros de cambio climático, siendo el objetivo principal distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático, la evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático. Se obtendrá una base de datos de registros históricos y actualizados (georreferenciados) de la presencia en Ecuador de las EEI analizadas; mapas de distribución geográfica potencial actual y futura de las EEI en la zona de invasión en Ecuador y en la zona nativa a nivel mundial; una identificación de las variables climáticas que están determinando la presencia de las EEI analizadas en las zonas de invasión. Un mapa de distribución geográfica potencial actual y futuro por la coincidencia de un alto número de EEI. Para la modelación del nicho climático de las EEI se usarán los registros de presencia de las especies y las 19 variables bioclimáticas disponibles en el WorldClim 1.4, y para la modelación de los nichos ecológicos de las especies se usará el algoritmo de máxima entropía Maxent. Según los resultados obtenidos la especie con mayor distribuciones potenciales actuales y futuras es la *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, la especie aumenta su distribución hacia la región de la Costa y Oriente, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Orellana y Sucumbíos. La coincidencia de siete especies bajo un escenario futuro extremo para el año se extiende a un área de invasión 173671 km², las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente bajo este escenario estarán afectadas en su totalidad a excepción de Loja y Chimborazo. El área de expansión potencial de las especies se denota su variabilidad ante los cuatro escenarios de cambio climático, extremos y moderados, la especie con mayor rango de expansión es *Festuca arundinacea*, la *Hyparrhenia rufa* está distribuida en la región Costa y Sierra del Ecuador a grandes extensiones y no presenta cambios bajo escenarios futuros.

Palabras claves: Cambio Climático, Especies Exóticas Invasoras (EEI), Mitigación, Nicho Ecológico.

ABSTRACT

The influence of climate change on biodiversity is not questionable, due to the increase in temperatures in recent years, which favors invasive alien species (EEI) to displace native species from their natural habitats, due to their adaptability in environments of constant disturbance. This research will determine through the evaluation of the ecological niche of 10 invasive alien species in continental Ecuador under future scenarios of climate change, the main objective being current geographic distribution and under scenarios of climate change, the evaluation of equivalence, expansion or not occupation of the climatic niche. A database of historical and updated (georeferenced) records of the presence in Ecuador of the analyzed IAS will be obtained; maps of current and future potential geographic distribution of IAS in the invasion zone in Ecuador and in the native zone worldwide; an identification of the climatic variables that are determining the presence of the EEI analyzed in the invasion zones. A current and future potential geographical distribution map due to the coincidence of a high number of EEI. For the modeling of the climate niche of the IAS, the presence records of the species and the 19 bioclimatic variables available in the WorldClim 1.4 will be used, and for the modeling of the ecological niches of the species the Maxent entropy algorithm will be used. According to the obtained results the species with greater current and future potential distributions is the *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, the species increases its distribution towards the region of the Coast and East, with greater index of adaptation the species is distributed in the provinces of Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Orellana and Sucumbíos. The coincidence of seven species under an extreme future scenario for the year extends to an area of invasion 173671 km², the three regions Costa, Sierra and Oriente under this scenario will be affected in their entirety except for Loja and Chimborazo. The area of potential expansion of the species is denoted its variability in the four scenarios of climate change, extremes and moderate, the species with the highest range of expansion is *Festuca arundinacea*, the *Hyparrhenia rufa* is distributed in the Costa region and Sierra del Ecuador to large extensions and does not present changes under future scenarios.

Keywords: Climate Change, Invasive Alien Species (EEI), Mitigation, Ecological Niche.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
TÍTULO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
CÓDIGO DUBLIN	xxv
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Problema de la investigación.....	3
1.2.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1.1. Diagnóstico	3
1.2.1.2. Pronóstico	4
1.2.2. Formulación del problema	4
1.2.3. Sistematización del problema.....	4
1.2.4. Hipótesis.....	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación.....	5

CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Clima y ambiente.....	8
2.1.2. Cambio climático.....	8
2.1.2.1. Factores que causan el cambio climático	8
2.1.2.2. Consecuencias del cambio climático.....	9
2.1.2.3. Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad	11
2.1.2.4. Variables climáticas	12
2.1.3. Modelos de escenarios de cambio climático	12
2.1.4. Escenarios climáticos: Trayectorias de concentración representativas (RCP) 14	
2.1.5. Especies Exóticas Invasoras ante el escenario de cambio climático	15
2.1.6. La diversidad biológica para reducir los impactos del cambio climático.	16
2.1.7. Invasiones biológicas	17
2.1.8. Distribución espacial de las especies	17
2.1.8.1. Especies establecidas.....	17
2.1.8.2. Especies nativas	18
2.1.8.3. Especies exóticas.....	18
2.1.8.4. Especie exótica invasora.....	18
2.1.9. Nicho ecológico.....	18
2.1.10. Nicho Fundamental.....	19
2.1.11. Nicho Realizado	19
2.1.12. Modelo de Distribución Potencial	19
2.1.13. Modelación de Nicho Ecológico	20
2.1.14. Herramientas para el modelado de nicho ecológico	20
2.1.14.1. MaxEnt	20

2.1.14.2. SIG	20
2.2. Marco referencial.....	21
2.2.1. Influencia del cambio climático sobre la distribución geográfica de especies exóticas invasora	21
2.2.1.1. Antecedentes de la modelación de especies frente al cambio climático.....	22
2.2.1.2. Metodología empleada para el modelado de nicho ecológico	24
2.2.1.3. Modelación de la distribución potencial actual y futura	25
2.2.1.4. Riqueza de especies invasoras	26
2.2.1.5. Importancia de las áreas protegidas para la conservación de biodiversidad	26
2.2.1.6. Impacto socio-económico potencial de las especies exóticas invasoras bajo los efectos del cambio climático	27
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1. Localización	30
3.2. Tipo de investigación.....	31
3.2.1. Investigación diagnóstica	31
3.2.2. Investigación exploratoria.....	31
3.3. Métodos de investigación.....	31
3.3.1. Método analítico	31
3.3.2. Método inductivo.....	32
3.3.3. Método sintético	32
3.4. Fuentes de recopilación de información	32
3.5.1. Datos de presencia de especies.....	32
3.5.6. Variables climáticas	34
3.5.7. Caracterización la distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático de las especies exóticas invasoras en Ecuador continental.	36

3.5.7.1.	Modelación del nicho ecológico	36
3.5.8.	Caracterización el nicho climático de las especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental ante escenarios de cambio climático.	38
3.5.9.	Evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático de las especies exóticas invasoras ante escenarios de cambio climático.	38
3.6.	Instrumentos de investigación	38
3.7.	Recursos humanos y materiales.....	39
3.7.6.	Materiales	39
3.7.6.1.	Materiales de oficina	39
3.7.6.2.	Equipos	39
3.7.6.3.	Software especializados.....	39
3.7.7.	Equipo de dirección y coordinación	39
CAPÍTULO IV		40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
4.1.	Resultados	41
4.1.1.	Caracterización de la distribución geográfico potencial actual y bajo escenarios de cambio climático para 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental.	41
4.1.2.	Caracterización del nicho climático de las 10 especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental ante escenarios de cambio climático.....	126
4.1.3.	Evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático de las especies exóticas invasoras ante escenario de cambio climático.	145
4.2.	Discusión.....	165
CAPÍTULO V		168
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		168
5.1.	Conclusiones.....	169
5.2.	Recomendaciones	170
CAPÍTULO VI		171

BIBLIOGRAFÍA	171
6.1. Literatura citada.....	172
CAPÍTULO VII	178
ANEXOS	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Plantas exóticas invasoras en Ecuador continental elegidas para la modelación del nicho ecológico y el análisis de la distribución geográfica potencial ante escenarios de cambio climático.....	33
Tabla 2: Variables bioclimáticas utilizadas en la modelación del nicho climático de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental.	34
Tabla 3: Rendimiento del modelo para <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	42
Tabla 4: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Hyparrhenia rufa</i> para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	48
Tabla 5: Rendimiento del modelo para <i>Azadirachta indica</i> A. Juss	50
Tabla 6: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).....	56
Tabla 7: Rendimiento del modelo para <i>Senecio vulgaris</i> L	58
Tabla 8: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Senecio vulgaris</i> L, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	64
Tabla 9: Rendimiento del modelo para <i>Terminalia catappa</i> L	66
Tabla 10: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Terminalia catappa</i> , para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	72
Tabla 11: Rendimiento del modelo para <i>Leucaena leucocephala</i>	74
Tabla 12: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Leucaena leucocephala</i> para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).....	80
Tabla 13: Rendimiento del modelo para <i>Setaria palmifolia</i>	82
Tabla 14: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Setaria palmifolia</i> para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	88
Tabla 15: Rendimiento del modelo para <i>Festuca arundinacea</i>	90

Tabla 16: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Festuca arundinacea</i> para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	96
Tabla 17: Rendimiento del modelo para <i>Cenchrus echinatus</i>	98
Tabla 18: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Cenchrus echinatus</i> para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	104
Tabla 19: Rendimiento del modelo para <i>Spartium junceum</i> L	106
Tabla 20: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Spartium junceum</i> L, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5)	112
Tabla 21: Rendimiento del modelo para <i>Coix lacryma-jobi</i>	114
Tabla 22: Extensión por provincias del nicho y no nicho de <i>Coix lacryma-jobi</i> , para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	120
Tabla 23: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Hyparrhenia rufa</i> en Ecuador continental.....	126
Tabla 24: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Azadirachta indica</i> en Ecuador continental.	128
Tabla 25: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Senecio vulgaris</i> L en Ecuador continental.	130
Tabla 26: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Terminalia catappa</i> en Ecuador continental.	132
Tabla 27: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Leucaena leucocephala</i> en Ecuador continental.	134
Tabla 28: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Setaria palmifolia</i> en Ecuador continental.	135
Tabla 29: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Festuca arundinacea</i> en Ecuador continental.....	137
Tabla 30: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Cenchrus echinatus</i> en Ecuador continental.....	139
Tabla 31: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Spartium junceum</i> L en Ecuador continental.	141

Tabla 32: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de <i>Coix lacryma-jobi</i> , en Ecuador continental.....	143
Tabla 33: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución de <i>Hyparrhenia rufa</i> en Ecuador continental.....	145
Tabla 34: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Azadirachta indica</i> en Ecuador continental.....	147
Tabla 35: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Senecio vulgaris</i> L en Ecuador continental	149
Tabla 36: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Terminalia catappa</i> L en Ecuador continental.....	151
Tabla 37: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Leucaena leucocephala</i> en Ecuador continental.....	153
Tabla 38: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Setaria palmifolia</i> en Ecuador continental	155
Tabla 39: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Festuca arundinacea</i> en Ecuador continental	157
Tabla 40: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Cenchrus echinatus</i> en Ecuador continental	159
Tabla 41: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Spartium junceum</i> en Ecuador continental.....	161
Tabla 42: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución <i>Coix lacryma-jobi</i> en Ecuador continental	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ecuador continental	30
Figura 2: <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf especie exótica	41
Figura 3: Registros de presencia de <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	42
Figura 4: Distribución geográfica potencial de <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	45
Figura 5: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Hyparrhenia rufa</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	47
Figura 6: <i>Azadirachta indica</i> A. Juss especie exótica	49
Figura 7: Registros de presencia de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	50
Figura 8: Distribución geográfica potencial de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	53
Figura 9: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	55
Figura 10: <i>Senecio vulgaris</i> L, especie exótica	57
Figura 11: Registros de presencia de <i>Senecio vulgaris</i> L, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	58
Figura 12: Distribución geográfica potencial de <i>Senecio vulgaris</i> L en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	61
Figura 13: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Senecio vulgaris</i> L, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un	

escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	63
Figura 14: <i>Terminalia catappa</i> L, especie exótica	65
Figura 15: Registros de presencia <i>Terminalia catappa</i> L en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	66
Figura 16: Distribución geográfica potencial de <i>Terminalia catappa</i> . L en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	69
Figura 17: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Terminalia catappa</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	71
Figura 18: <i>Leucaena leucocephala</i> , especie exótica	73
Figura 19: Registros de presencia de <i>Leucaena leucocephala</i> , en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	74
Figura 20: Distribución geográfica potencial de <i>Leucaena leucocephala</i> en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	77
Figura 21: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Leucaena leucocephala</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	79
Figura 22: <i>Setaria palmifolia</i> , especie exótica	81
Figura 23: Registros de presencia de <i>Setaria palmifolia</i> , en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	82
Figura 24: Distribución geográfica potencial de <i>Setaria palmifolia</i> en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	85
Figura 25: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Setaria palmifolia</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un	

escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	87
Figura 26: <i>Festuca arundinacea</i> , especie exótica.....	89
Figura 27: Registros de presencia <i>Festuca arundinacea</i> en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	90
Figura 28: Distribución geográfica potencial de <i>Festuca arundinacea</i> en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	93
Figura 29: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Festuca arundinacea</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	95
Figura 30: <i>Cenchrus echinatus</i> , especie exótica.....	97
Figura 31: Registros de presencia de <i>Cenchrus echinatus</i> , en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	98
Figura 32: Distribución geográfica potencial de <i>Cenchrus echinatus</i> en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	101
Figura 33: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Cenchrus echinatus</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	103
Figura 34: <i>Spartium junceum</i> L, especie exótica	105
Figura 35: Registros de presencia de <i>Spartium junceum</i> L, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	106
Figura 36: Distribución geográfica potencial de <i>Spartium junceum</i> , en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	109
Figura 37: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Spartium junceum</i> L, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un	

escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	111
Figura 38: <i>Coix lacryma-jobi</i> , especie exótica.....	113
Figura 39: Registros de presencia de <i>Coix lacryma-jobi</i> , en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.	114
Figura 40: Distribución geográfica potencial de <i>Coix lacryma-jobi</i> , en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	117
Figura 41: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de <i>Coix lacryma-jobi</i> , para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	119
Figura 42: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo escenario presente.	121
Figura 43: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2050.	122
Figura 44: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2070.	123
Figura 45: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2050.	124
Figura 46: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2070.	125
Figura 47: Variación de la adecuación climática para <i>Hyparrhenia rufa</i> en función Las variables de precipitación del periodo más lluvioso (mm), oscilación diurna de la temperatura y temperatura máxima media del periodo más cálido (°C).....	127
Figura 48: Variación de la adecuación climática para <i>Azadirachta indica</i> en función a las variables de mayor importancia precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %), oscilación diurna de la temperatura (°C).....	129

Figura 49: Variación de la adecuación climática para <i>Senecio vulgaris</i> en función a las variables de mayor importancia precipitación del cuatrimestre más frío (mm), oscilación diurna de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6).....	131
Figura 50: Variación de la adecuación climática para <i>Terminalia catappa</i> en función a las variables de mayor importancia, precipitación del cuatrimestre más frío (mm), oscilación diurna de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm).....	133
Figura 51: Variación de la adecuación climática para <i>Leucaena leucocephala</i> en función a las variables de mayor importancia, oscilación diurna de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6).....	134
Figura 52: Variación de la adecuación climática para <i>Setaria palmifolia</i> en función a las variables de mayor importancia, oscilación diurna de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), precipitación anual (mm).....	136
Figura 53: Variación de la adecuación climática para <i>Festuca arundinacea</i> en función a las variables de mayor importancia, oscilación diurna de la temperatura (°C), oscilación diurna de la temperatura (°C), Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %).	138
Figura 54: Variación de la adecuación climática para <i>Cenchrus echinatus</i> en función a las variables de mayor importancia, temperatura mínima media del periodo más frío (°C), precipitación del cuatrimestre más frío (mm), precipitación del periodo más lluvioso.....	140
Figura 55: Variación de la adecuación climática para <i>Spartium junceum</i> L en función a las variables de mayor importancia, precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), temperatura media anual (°C), precipitación anual (mm).	142
Figura 56: Variación de la adecuación climática para <i>Coix lacryma-jobi</i> en función a las variables de mayor importancia, Precipitación del periodo más lluvioso (mm), estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %), temperatura máxima media del periodo más cálido (°C).	144
Figura 57: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Hyparrhenia rufa</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	146

Figura 58: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Azadirachta indica</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	148
Figura 59: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Senecio vulgaris</i> L para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	150
Figura 60: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Terminalia catappa</i> L para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	152
Figura 61: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Leucaena leucocephala</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).....	154
Figura 62: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Setaria palmifolia</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	156
Figura 63: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Festuca arundinacea</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	158
Figura 64: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Cenchrus echinatus</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	160
Figura 65: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Spartium junceum</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).	162
Figura 66: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de <i>Coix lacryma-jobi</i> para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y	

2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y
2070 (RCP 8.5). 164

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Cambio climático y su influencia sobre la distribución geográfica potencial de especies exóticas invasoras en Ecuador”		
Autor:	Muñoz Zambrano Karen Tatiana		
Palabras clave:	Nicho Ecológico	Especies exóticas invasoras	Cambio Climático
	Mitigación		
Fecha de publicación:	25 de abril		
Editorial:	Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2018.		
Resumen:	La influencia del cambio climático en la biodiversidad no es cuestionable, debido al incremento de temperaturas en los últimos años lo cual favorece a que las especies exóticas invasoras (EEI) desplacen a las especies nativas de sus hábitats naturales, a causa de su adaptabilidad en entornos de constante perturbación. Esta investigación determinará a través de la evaluación del nicho ecológico de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental bajo escenarios futuros de cambio climático, siendo el objetivo principal distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático, la evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático. Se obtendrá una base de datos de registros históricos y actualizados (georreferenciados) de la presencia en Ecuador de las EEI analizadas; mapas de distribución geográfica potencial actual y futura de las EEI en la zona de invasión en Ecuador y en la zona nativa a nivel mundial; una identificación de las variables climáticas que están determinando la presencia de las EEI analizadas en las zonas de invasión. Un mapa de distribución geográfica potencial actual y futuro por la coincidencia de un alto número de EEI. Para la modelación del nicho climático de las EEI se usarán los registros de presencia de las especies y las 19 variables bioclimáticas disponibles en el WorldClim 1.4, y para la modelación de los nichos ecológicos de las especies se usará el algoritmo de máxima entropía Maxent. Según los resultados obtenidos la especie con mayor distribuciones potenciales actuales y futuras es la <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf, la especie aumenta su distribución hacia la región de la Costa y Oriente, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Orellana y Sucumbíos. La coincidencia de siete especies bajo un escenario futuro extremo para el año se extiende a un área de invasión 173671 km², las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente bajo este escenario estarán afectadas en su totalidad a excepción de Loja y Chimborazo. El área de expansión potencial de las especies se denota su variabilidad ante los cuatro escenarios de cambio climático, extremos y moderados, la especie con mayor rango de expansión es <i>Festuca arundinacea</i>, la <i>Hyparrhenia rufa</i> está distribuida en la región Costa y Sierra del Ecuador a grandes extensiones y no presenta cambios bajo escenarios futuros.		
Descripción:	178 Hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM		
URI:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)		

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El cambio climático ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos, con evidencias sólidas en los últimos años (1). Estos cambios son atribuidos al ser humano por su contribución al aumento de emisión de gases de efecto invernadero, los que provocan una tendencia de aumento de la temperatura global (2).

La influencia del cambio climático sobre la biodiversidad no es cuestionable. El incremento de la temperatura en el mar, particularmente en el invierno, favorece el establecimiento y persistencia de especies invasoras provenientes de temperaturas más cálidas o templadas. Muchas especies invasoras prosperarán mejor que las nativas en entornos de constante perturbación provocados por regímenes de fuego anómalos, inundaciones, eventos meteorológicos extremos y cambios en la hidrología (3). Se puede afirmar que el cambio climático podrá alterar la estructura y composición de las comunidades nativas y como consecuencia, el funcionamiento de los ecosistemas, actuando como un régimen de perturbación que acrecentará el riesgo de invasiones biológicas (4).

Si por un lado algunas especies exóticas e invasoras podrán sucumbir bajo los efectos del cambio climático, otras podrán volverse capaces de sobrevivir y colonizar zonas donde actualmente no pueden sobrevivir debido a las limitaciones impuestas por el clima. Así mismo, especies exóticas establecidas podrán volverse invasoras si el cambio climático incrementa su capacidad competitiva o su tasa de propagación, mientras que otras ya invasoras podrán expandir su área de distribución (4).

Las especies exóticas invasoras (EEI) han recibido hasta el momento poca consideración en el contexto del cambio climático, en el cual se ha enfatizado más el peligro de extinción de las especies autóctonas mientras que, por el contrario, se ha prestado escasa atención a aquellas que las sustituirán (4). En Ecuador las investigaciones que se han realizado giran en torno a las Islas Galápagos, dejando de lado la zona de Ecuador continental la cual es rica en diversidad tanto de flora como fauna.

Es por ello que, el modelado de especies fundamentado en nichos ecológicos se ha convertido en la principal herramienta para intentar predecir la futura distribución de especies por cambios ambientales (2). Mediante el presente proyecto se tiene como finalidad evaluar el efecto de los escenarios futuros de cambio climático en las

distribuciones geográficas potenciales de especies exóticas invasoras en Ecuador continental empleando para ello las modelaciones de nicho ecológico de las especies.

1.2. Problema de la investigación

1.2.1. Planteamiento del problema

El cambio climático es un problema que aumenta cada vez más el interés en los investigadores, pero al hablar de EEI con influencia del cambio climático es un problema a nivel global. Pese a que se han realizado estudios a nivel mundial referente al tema, en la zona de Ecuador continental no se cuenta con estudios previos de las afectaciones que provocan la presencia de estas. De esta manera se podría mitigar el impacto negativo en relación con la pérdida de biodiversidad en la zona de Ecuador continental.

1.2.1.1. Diagnóstico

A lo largo de la historia han sido diversas las razones por las cuales se han producido introducciones de EEI, ya sea con fines económicos, científicos, educativos y estéticos sin considerar los efectos negativos que podían tener dichas introducciones de especies ya sean de flora o fauna, sobre el medio ambiente a lo largo del tiempo. Las especies autóctonas dentro de la zona de Ecuador continental son las más afectadas por las especies exóticas invasoras las cuales tienen alta capacidad de dispersión, y pueden ocupar grandes extensiones de territorio.

Las EEI constituyen uno de los grandes problemas que en la actualidad amenazan los ecosistemas naturales y la biodiversidad, el funcionamiento de los mismos y la economía de los países. Se reconoce que después de la destrucción del hábitat y la desintegración de los paisajes, la segunda causa de pérdida de biodiversidad es la invasión de especies exóticas y se estima que el 40% de las extinciones de flora y fauna producidas en los últimos cinco siglos se deben a ellas, por el desplazamiento en zonas donde existe vegetación endémica de cual sea la zona de estudio (5).

No todas las poblaciones introducidas de una especie potencialmente invasora tienen igual potencial para empezar a invadir, la probabilidad como invasora resulta de una variedad de factores genéticos, climáticos, demográficos y ecológicos. Por consiguiente, las consecuencias del actual cambio climático sobre la biodiversidad ya se están

produciendo, como son, los cambios en la fenología y distribución de animales y plantas asociados a los patrones de temperatura inducidos por el hombre (4).

1.2.1.2.Pronóstico

Las EEI pueden modificar tanto el número de especies de flora o fauna, alterar la relación entre los distintos niveles de la cadena trófica y perder el equilibrio de los recursos y los ecosistemas. Esto se resume en que se crea un impacto negativo sobre la biodiversidad, afectando de manera directa a las especies nativas a través de cambios en la dinámica de ecosistemas, cambios en las características morfológicas o genéticas y a su vez en la transmisión de enfermedades y parásitos (6).

Es previsible que la influencia del cambio climático contribuya a la subida de las temperaturas y con ello sus efectos indirectos, no dejando de lado los cambios en los regímenes de precipitaciones y consecuentemente en los caudales, en las corrientes y la salinidad o el aumento en la frecuencia de eventos extremos. Esto provocará cambios sustanciales en la fenología y distribución de las especies así como en la productividad de los ecosistemas, abriendo el paso a las invasiones biológicas las cuales se dispersan de manera más rápida ya que sus características morfológicas contribuyen a que se adapten a cambios drásticos en el medio y sus posibilidades de sobrevivir son mucho más probables (4).

1.2.2. Formulación del problema

Las EEI han ganado territorio con el pasar de los años y con la ayuda del cambio climático, se han transformado en un problema crítico a nivel mundial. Ecuador continental es un país mega diverso , y con ello surge la duda ¿Es Ecuador un país propenso a invasión por EEI, teniendo en cuenta la influencia del cambio climático el cual juega un papel importante en el futuro?

1.2.3. Sistematización del problema

¿Cómo influirá el cambio climático en la distribución geográfica de especies exóticas en escenarios futuros?

¿Cuál será la distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático de las especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental?

¿Habrá expansión contracción pación del nicho climático y de la distribución geográfico potencial de las especies exóticas invasoras ante el cambio climático?

1.2.4. Hipótesis

La distribución geográfica potencial de las especies exóticas invasoras en Ecuador continental se expandirá ante escenarios futuros pesimistas de cambio climático.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el nicho ecológico de especies exóticas invasoras en Ecuador continental bajo escenarios futuros de cambio climático

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar la distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático de las especies exóticas invasoras en Ecuador continental.

Caracterizar el nicho climático de las especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental ante escenarios de cambio climático.

Evaluar la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático de las especies exóticas invasoras ante escenarios de cambio climático.

1.4. Justificación

Los modelos bioclimáticos han sido ampliamente utilizados para predecir la futura distribución de especies y para comparar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad bajo diferentes escenarios (7). La relativa sencillez de estos modelos puede constituir un importante punto de inicio para orientar el desarrollo de políticas de conservación. No obstante, su validez ha sido discutida por diferentes autores que, atacando sus supuestos básicos, enfatizan el papel de las interacciones bióticas, los posibles cambios evolutivos y la capacidad de dispersión en la distribución de las especies, así como la importancia de la escala espacial de aplicación de esos modelos (4).

En este contexto, el empleo de datos climáticos (actuales y proyectados) pueden proporcionar una idea de cómo el riesgo asociado a una EEI puede cambiar en el espacio

y en el tiempo, permitir la identificación de áreas con alto riesgo de invasión, y facilitar la toma de decisiones y el desarrollo de políticas de mitigación o adaptación (4). Es por ello la necesidad de este tipo de investigaciones dentro de la zona de Ecuador continental, ya que los estudios realizados en el país sobre EEI están enfocados en las Islas Galápagos, dejando de lado la zona de Ecuador continental, la cual es rica en diversidad tanto de fauna como de flora.

Por otro lado, la región continental de Ecuador carece de información sobre los efectos que tienen las EEI en la diversidad de los ecosistemas, su distribución geográfica, las áreas más afectadas, etc. La mayoría de los trabajos solo reportan la presencia puntual de estas especies, careciendo de información necesaria para la prevención y/o control de las invasiones biológicas.

Lo que se quiere lograr a través de la investigación es evaluar el nicho ecológico de las EEI en Ecuador continental bajo escenarios futuros de cambio climático y de esta forma identificar cómo el cambio climático influirá sobre la distribución geográfica potencial de estas especies y predecir las zonas más susceptibles a invasión. De esta manera se logrará que se tomen medidas para mitigar el impacto negativo que se generará en el futuro.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Clima y ambiente

Después que en algunos países, durante el siglo pasado, se dispuso de observaciones meteorológicas de varios años, el concepto de clima de un lugar alcanzó forma concreta. Las condiciones atmosféricas varían continuamente. En un plazo prolongado se hacen cada vez más pequeñas estas variaciones, de forma que si comparamos un año con los siguientes, encontraremos que la temperatura media del aire o la pluviosidad media son bastantes similares. Los organismos vivientes responden no sólo a las condiciones cambiantes, sino también a la tasa de cambio (8).

Entre los elementos del clima que son de importancia directa en la adaptación animal al calor y al frío se encuentran: temperatura ambiente, humedad atmosférica, radiación solar y movimiento del aire. Existen también factores indirectos tales como pluviosidad, luz, nubosidad y presión atmosférica. El efecto es directo cuando los elementos del clima determinan el grado de confort en el medio en que se encuentran los animales y permiten así un buen aprovechamiento de la alimentación, el crecimiento y la reproducción (8).

2.1.2. Cambio climático

Los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana han llevado a la sociedad, incluyendo sus instituciones de gobierno, a interesarse en el tema del cambio climático. Las agendas de naciones desarrolladas y en desarrollo incluyen un componente dedicado al análisis: de los impactos potenciales del cambio climático; de la vulnerabilidad de las regiones a condiciones extremas en el clima; y de las medidas potenciales de adaptación ante tales cambios (9).

2.1.2.1. Factores que causan el cambio climático

Los factores que afectan los cambios de temperatura media de la tierra y el cambio climático son los cambios en el nivel del mar, los efectos de las nubes, la emisión de aerosoles a la atmósfera, aumento en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano, hidratos de metano. Además, los cambios de reflexión terrestres y los cambios en el campo magnético exterior. Otros factores son la contaminación del aire, los cambios en el hielo polar, el contenido en vapor de agua y la cantidad de cobertura de nubes y la cantidad de energía solar que alcanza la Tierra. Sin embargo, la Cumbre de Poznan,

Polonia, 2008, consideró que el cambio climático se debe a la emisión de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles (10).

En ese mismo orden, los informes del IPCC resaltan que las causas del cambio climático son de origen natural y antropogénicas. Hay una cadena de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las concentraciones atmosféricas, el forzamiento radiactivo, las respuestas climáticas y los efectos del clima. Entre 1970 y 2004, el aumento más importante de las emisiones de GEI proviene de los sectores de suministro de energía, transporte e industria, mientras que la vivienda y el comercio, la silvicultura (incluida la deforestación) y la agricultura han crecido más. Las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo). Los modelos muestran que el dióxido de carbono ocupa el 56.5 % (10).

2.1.2.2. Consecuencias del cambio climático

Debido a que todos los elementos del ambiente están relacionados entre sí, alterar uno de ellos origina cambios en los restantes, algunas veces imperceptibles y otras muy evidentes. A lo largo de la historia de la Tierra se han registrado cambios en el clima, pero tomaron cientos o miles de años en presentarse. De acuerdo con los registros disponibles, ningún cambio había sido tan rápido como el que estamos viviendo. A continuación te describimos las consecuencias más importantes del cambio climático sobre algunos de los elementos del ambiente (11).

- **Deshielos**

Como consecuencia del calentamiento global, uno de los impactos más impresionantes que hemos observado ha sido el derretimiento de los glaciares. Los glaciares son enormes masas de hielo que cubren las cimas de algunas montañas y volcanes o inmensas extensiones sin montañas, como por ejemplo, en Groenlandia y Antártica-, que se han formado por la acumulación gradual de nieve a través de cientos o miles de años. Es tal la magnitud de su extensión y profundidad, que son el mayor reservorio de agua dulce en el planeta.

Los deshielos no sólo han afectado al Ártico y la Antártica, sino también a las zonas frías y con hielos perpetuos que se hallan en las zonas altas de montañas y volcanes. La

cobertura de los glaciares montañosos y la nieve ha disminuido en ambos hemisferios: sólo en el norte, el área máxima cubierta por hielos estacionales se ha reducido cerca de 7% desde 1900. Por ejemplo, los glaciares de los Alpes suizos perdieron un tercio de su superficie y al menos la mitad de su masa en el periodo entre 1850 y 1980. Tan intensa ha sido esta pérdida que durante el verano del año 2003 se perdió 10% de la masa de sus glaciares permanentes. Si esto ya es preocupante, lo es más el hecho de que según los pronósticos su situación no mejorará: los científicos han calculado que, para el año 2050, el 75% de los glaciares de los Alpes podrían haber desaparecido (11).

- **Cambios en el nivel del mar**

El derretimiento de los hielos terrestres en las zonas polares y en las montañas ha ocasionado que el nivel del mar se eleve. A este efecto, hay que agregarle también el calentamiento del agua de las últimas décadas que ha ocasionado que los mares y océanos, como todos los cuerpos que adquieren calor, se expandan, y puesto que tienen un espacio limitado, incrementen su nivel. Los registros que se tienen sobre el cambio en el nivel del mar en algunos sitios del planeta, como los de Ámsterdam (Holanda), Brest (Francia) y Swinoujscie (Polonia), confirman la elevación acelerada del nivel del mar durante el siglo XX (11).

Los científicos han calculado que en el periodo 1961-2003 se registró un incremento promedio de 1.8 milímetros por año, y que el aumento total en el siglo XX fue de 17 centímetros. Tal vez este último incremento podría parecernos mínimo, pero no es así. De hecho, resulta preocupante para muchos países en el mundo que tienen ciudades ubicadas en las zonas costeras e incluso por debajo del nivel del mar, como es el caso de Ámsterdam, en Holanda, que está cuatro metros por debajo del nivel del mar. Ello implica que muchos millones de personas estarían susceptibles en el futuro próximo de sufrir las consecuencias de inundaciones por la invasión del mar (11).

- **Efectos en agricultura y pesca**

El cambio climático es un factor determinante en el sector de la agricultura desde 1998 padecemos por largos meses un calor abrumador. Ese año fue uno de los más cálidos del siglo por efecto del fenómeno de El Niño, el cual a su vez ha sido afectado por el cambio climático, incrementando su frecuencia e intensidad. Tanto en México como en otras regiones del planeta disminuyeron y se retrasaron las lluvias, lo que provocó una grave

sequía que afectó a diferentes actividades productivas, entre ellas la agricultura, la ganadería y la pesca. En el 2005, que ha sido el más caliente de los últimos cien años, el retraso en las lluvias de verano resultó en una caída de más de 13% en la producción agrícola del país. El área de cultivos dañada fue de 669 mil hectáreas (11).

El cambio climático no sólo afecta los volúmenes de producción, sino también su calidad. A pesar de que se ha manejado que la agricultura puede ser beneficiada por los efectos del cambio climático, la realidad es que no es del todo cierto. Por ejemplo, se ha encontrado que la elevada concentración de CO₂, si bien provoca que en el corto plazo algunos cultivos sean más productivos, también genera que su calidad nutritiva se vea afectada negativamente. Un estudio publicado en 2008 en la revista *Global Change Biology*, encontró que el incremento de CO₂ en el aire reduce la concentración de proteínas en diversos tipos de cultivos. Por ejemplo, en la cebada, el arroz, el trigo y la papa se detectaron disminuciones de entre 10 y 15% (11).

2.1.2.3. Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad

La diversidad de especies es crucial para el funcionamiento de los ecosistemas que regulan el agua y el aire. Por eso, es muy preocupante que la tasa de extinción de especies se encuentre entre mil y diez mil veces más que la tasa de los últimos 60 millones de años. La causa principal es la pérdida de hábitat, especialmente por la deforestación. Actualmente, el cambio climático está alterando también las condiciones de vida de muchas especies, a una velocidad a la cual no se pueden adaptar (12).

Entre las formas de adaptación más usuales se encuentra la migración de especies hacia zonas que cuenten con un clima y un hábitat acorde con sus características. Ya hay evidencia de anfibios y aves que hoy habitan en altitudes donde nunca antes se habían registrado. Diversas investigaciones muestran cómo algunas especies están migrando a una velocidad menor de la que se requeriría para alcanzar a ubicarse en nuevos hábitats. Al observar las tendencias actuales, algunos expertos creen que estamos entrando en un “sexto gran evento de extinción” de especies (12).

Los efectos del cambio climático sobre la vida pueden observarse a distintos niveles, que van desde respuestas de los organismos a nivel individual, en las interacciones con otras especies, en la amplitud de su distribución geográfica e, incluso, en la de los propios ecosistemas. A nivel fisiológico, la mayor concentración de bióxido de carbono en la

atmósfera y en los océanos ha tenido consecuencias importantes en los procesos de alimentación y crecimiento de muchas especies (11).

Algunas especies de árboles y de plantas alpinas, por ejemplo, se han beneficiado debido a que han sido capaces de absorber e integrar a sus tejidos una mayor cantidad de bióxido de carbono, lo que las ha hecho crecer más rápido. Este efecto también se ha observado en algunas de las especies de importancia agrícola, como la caña, las cuales han aumentado su productividad. Sin embargo los científicos aún no saben si este efecto será duradero debido a otras limitaciones que podrían restringir el crecimiento de estas especies (11).

2.1.2.4. Variables climáticas

Las variables climáticas y topográficas se han utilizado para generar modelos de distribución potencial ya que se ha demostrado que la temperatura, la precipitación y la topografía afectan tanto la selección del hábitat como las tasas demográficas de especies. Se puede además incluir otros factores ambientales como la cubierta de vegetación y los usos de suelo (Contreras-Medina et al. 2010), los cuales son considerados como factores directos que determinan la presencia de las especies, pero se ha determinado que las variables climáticas y topográficas pueden ser variables condicionantes en la ocurrencia por sí solas (13).

2.1.3. Modelos de escenarios de cambio climático

- **Modelo BBC**

Es un modelo acoplado atmósfera-océano, que incluye un componente atmosférico - un modelo de resolución media BCC_AGCM1.0 (modelo espectral T63 en resolución horizontal aproximadamente 1.875×1.875 con 16 capas verticales) y un componente oceánico - modelo LASG / NCC OGCM1.0 con La misma resolución horizontal (1.875×1.875) con 30 capas verticales, que fue desarrollada conjuntamente por el Laboratorio Estatal Clave de Modelización Numérica para Ciencias de la Atmósfera y Dinámica de Fluidos Geofísicos (LASG) del Instituto de Física Atmosférica (IAP), este modelo climático se ejecuta, a diario, con un esquema que se acopla con las correcciones diarias de flujo de superficie en la superficie del océano abierto. Sobre la base del modelo operacional BCC_CM1.0, se desarrolló el sistema dinámico de predicción del clima de

primera generación (DCMPS1.0), que se implementó oficialmente en la predicción del clima a corto plazo de manera operacional en 2005 (14).

BCC_AGCM2.0.2, BCC_AVIM1.1, modelo de circulación oceánica global (MOM4_L40) que incluye el ciclo de carbono del océano y módulos bio-geoquímicos y simulador de hielo marino (SIS) se acoplaron dinámicamente a través del acoplador de flujo CPL5.0. Este modelo acoplado de esferas múltiples también se puede utilizar para simular el ciclo global del carbono, Satisfacer los requisitos para experimentos de modelado relevantes relacionados con IPCC AR5 (14).

- **Modelo GCM**

Los modelos climáticos globales (GCMs) pueden ser usados para conectar predicciones de gran escala con dinámicas regionales mediante métodos de regionalización (downscaling). Debido a que una de las principales fuentes de incertidumbre para estimar proyecciones regionales es la elección del GCM, el objetivo de este estudio es evaluar la habilidad de los GCMs en el dominio español. Es bien sabido que la variabilidad estacional e interanual de las variables superficiales oceánicas está ligada a los patrones de circulación atmosférica. Una de las variables que resume la dinámica sinóptica atmosférica y refleja de manera directa la interacción atmósfera- océano es la presión a nivel del mar (SLP) (15).

El método de análisis se basa en un conjunto de tests para estudiar si los GCMs son capaces de reproducir los patrones espaciales y su transición temporal con respecto a la realidad en una región del sur de Europa. Tres factores importantes han sido analizados: la habilidad de los GCMs para reproducir las situaciones sinópticas más importantes, la habilidad de los GCMs para reproducir la variabilidad histórica a escala inter-anual y la consistencia de las simulaciones de los GCMs para el siglo XXI. Los resultados de este análisis indican que UKMO-HadGEM2, ECHAM5/MPI-OM, MIROC32HIRES y MRI-CGCM2.3.2 son los GCMs con mayor destreza y se recomienda su uso para la estimación de proyecciones regionales multi-modelo (15).

- **Modelo HadGEM2-ES**

HadGEM2-ES es un modelo de sistema terrestre acoplado que fue utilizado por el Met Office Hadley Center para las simulaciones del centenario de CMIP5. HadGEM2 es una

configuración del Met Office Unified Model (UM) desarrollado a partir de la versión 6.6 de UM. HadGEM2-ES fue el primer modelo de Met Office Hadley Center que incluyó componentes del sistema Earth como estándar. Un número de instituciones de todo el mundo utilizan el Modelo Unificado tanto para el pronóstico meteorológico operacional como para la investigación del clima (16).

El modelo climático HadGEM2-ES comprende un GCM atmosférico con resolución horizontal y vertical N96 y L38, y un GCM oceánico con una resolución horizontal de 1 grado (que aumenta a 1/3 de grado en el ecuador) y 40 niveles verticales. Los componentes del sistema terrestre incluidos son el ciclo terrestre y oceánico del carbono y la química troposférica. La vegetación terrestre y el carbono están representados por el modelo dinámico de vegetación global, TRIFFID, que simula la cobertura y el balance de carbono de 5 tipos de vegetación (árbol de hoja ancha, árbol de hoja de acedera, pasto C3, pasto C4 y arbusto) (16).

- **Global Climate Monitor**

Global Climate Monitor ha sido creado por los integrantes del Grupo de Clima del Departamento de Geografía Física y AGR de la Universidad de Sevilla. Mediante esta aplicación es posible visualizar el conjunto de datos “CRU TS 3.21”, publicados por la CRU (*Climatic Research Unit*), con una resolución espacial de 0.5° y una escala temporal mensual desde 1901 hasta 2012. Desde enero 2013 hasta la actualidad, las fuentes de datos son la precipitación Centro Mundial de Climatología (GPCC) para la precipitación y la Red-Mensual de Climatología Histórica Global (GHCN-M) versión 3.2.1 para la temperatura media mundial. Igualmente pueden consultarse algunos indicadores básicos derivados de la base de datos original tales como normales de diferentes periodos, anomalías, medias, totales anuales, índice de estacionalidad de la precipitación o tendencias (17).

2.1.4. Escenarios climáticos: Trayectorias de concentración representativas (RCP)

Se han empleado un nuevo conjunto de escenarios, que son los llamados RCP o trayectorias de concentración representativa, realizadas en el marco de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas. En las RCP las concentraciones atmosféricas de CO₂ son más elevadas en 2100 con referencia a las actuales (1.46 W/ m² y 365 ppm para el año 1998)

que representa 60% del total de los cambios en las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero, muy resistentes, mezclados de manera homogénea en todo el planeta, pues el nivel más bajo de forzamiento radiactivo es de 2.6 W/ m² y 8-9 W/m² es el nivel más alto. Estas son resultado de un aumento de las emisiones de CO₂ acumuladas en la atmósfera durante el siglo XXI (18).

- **El RCP 2.6**, es el escenario más favorable en proyecciones, para el periodo de 2046-2065, puede cumplir el objetivo de mantener la temperatura media global en superficie en el límite de 2°C (rango probable de 0.4-1.6°C) (Fundación biodiversidad 2013). En cuanto al forzamiento radiativo, se alcanza un pico de 3 W/m² antes de 2100 para luego de este año descender hasta los 2.6 W/m². Como cambios en el nivel medio global del mar se prevé un rango probable de 0.17-0.31 metros, un calentamiento del océano en los primeros 100 metros de profundidad en 0.6°C. En cuanto a las concentraciones definidas de CO₂ para este escenario se proyectan 421 ppm. El rango de disminuciones de hielo marino Ártico durante todo el año es de 43%. El volumen global de glaciares de es de disminución del 15 al 55% (18).
- **El RCP 4.5**, es un escenario intermedio, en el cual se estabiliza sin sobrepasar el nivel de 4.5 W/m². En cuanto a las concentraciones definidas de CO₂ para este escenario se proyectan unos 650 ppm, en el 2100 (18).
- **El RCP 6.0** es otro escenario intermedio que se estabiliza sin sobrepasar el nivel de 6.0 W/m². En cuanto a las concentraciones definidas de CO₂ para este escenario se proyectan unos 850 ppm en el 2100 (18).
- El RCP 8.5, es el escenario extremo opuesto, considera un incremento muy alto de las emisiones. Alcanza 8.5 W/m². En cuanto a las concentraciones definidas de CO₂ para este escenario se proyectan unos 1370 ppm en 2100 y no se estabilizan los niveles hasta el 2050 (18).

2.1.5. Especies Exóticas Invasoras ante el escenario de cambio climático

Las respuestas específicas de cada especie, nativa o invasora, al cambio climático son complejas y diversas, dependiendo de su ciclo vital y de la estrategia de colonización. Las EEI son a menudo abundantes, toleran un amplio rango de condiciones ambientales, y poseen rasgos funcionales muy competitivos (por ej., alimentación generalista,

cosmopolitas, multi-voltinas, con elevada plasticidad fenotípica), características que les dotan de una gran capacidad de adaptación a cambios medioambientales. Los efectos del cambio climático afectarán a todas las etapas (introducción, establecimiento, dispersión e impacto) que conforman el proceso de invasión, así como a la eficacia de los métodos de gestión. Resulta por tanto necesario profundizar en el conocimiento de las vías de entrada y vectores de expansión, y cómo evolucionarán en un contexto de cambio climático, con el fin de generar medidas de adaptación en las políticas de planificación y gestión de los espacios protegidos (19).

Ante un escenario de calentamiento global, se espera que la mayoría de las EEI sean capaces de sobrevivir y colonizar zonas actualmente inaccesibles debido a las limitaciones impuestas por el clima. De hecho, algunas especies exóticas ya establecidas que hasta ahora no generaban mayores problemas, podrían volverse invasoras si el cambio climático incrementa su capacidad competitiva o su tasa de propagación (por la supresión o disminución del tiempo de latencia invernal), expandiendo su área de distribución. Algunas especies exóticas e invasoras, probablemente pocas, podrían sucumbir bajo los efectos del cambio climático, incapaces de soportar el cambio del régimen de temperatura y precipitación, o bien desaparecer de zonas invadidas al cambiar su rango de distribución hacia latitudes más norteadas y mayores alturas. Los modelos de cambio climático son de gran utilidad para poder detectar tendencias en la expansión de EEI y representan una de las pocas herramientas de evaluación de riesgos futuros con las que podemos apoyar actuaciones de prevención, detección temprana y respuesta rápida, así como de manejo de las EEI ya establecidas (19).

2.1.6. La diversidad biológica para reducir los impactos del cambio climático

La resistencia de los ecosistemas puede acrecentarse y el riesgo del daño para el hombre y los ecosistemas naturales puede reducirse adoptando estrategias de adaptación y mitigación basadas en la biodiversidad. La mitigación se describe como toda intervención humana destinada a reducir las fuentes de gases de invernadero o a aumentar la captura del carbono; la adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes que realizan los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos o a sus efectos, moderando el daño o explotando las oportunidades beneficiosas (20).

Ejemplos de actividades que fomentan la mitigación o la adaptación al cambio climático son: El mantenimiento y restablecimiento de los ecosistemas nativos, la protección y el aumento de los servicios provenientes de los ecosistemas, la gestión de los hábitats de las especies en peligro, la creación de refugios y zonas de amortiguamiento, y el establecimiento de redes de las áreas protegidas terrestres, marinas y de agua dulce que tomen en consideración los cambios climáticos proyectados. Posean una resistencia baja a parámetros ambientales cambiantes, inclusive fluctuaciones de temperaturas aéreas y dinámicas de precipitación (20).

2.1.7. Invasiones biológicas

Las invasiones biológicas constituyen sólo uno de los resultados de hecho el menos probable de los resultados- de un proceso con muchos estados, que comienza cuando los organismos son transportados de su área de origen a nuevas regiones. Primero, muchos, si no la mayoría, mueren en la ruta hacia la nueva localidad. Si logran llegar al nuevo sitio es probable que los inmigrantes sean destruidos rápidamente por una multitud de agentes físicos y biológicos (21).

2.1.8. Distribución espacial de las especies

En ecosistemas naturales y seminaturales la presencia de especies puede darse gracias a procesos naturales de dispersión o movilidad de los organismos. Dentro de los ecosistemas, la mayor parte de la dispersión es de corta distancia y está limitada por barreras naturales, de tal forma que las especies se mueven dentro de un rango natural y permanecen dentro del mismo, pocas veces exceden su área de distribución. Ocasionalmente la dispersión es de largo alcance y resulta en la colonización de nuevas áreas fuera de su rango natural (6).

2.1.8.1. Especies establecidas

Las que ocurren como poblaciones reproductivas, autosustentables en un ecosistema abierto, i.e., en aguas a partir de las cuales los organismos son capaces de migrar a otras áreas (22).

2.1.8.2.Especies nativas

También llamadas autóctonas o indígenas. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan dentro de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial (i.e., dentro del área que ocupan naturalmente o que pudieran ocupar sin la intervención directa o indirecta de los humanos) (22).

2.1.8.3.Especies exóticas

También llamadas alóctonas, no nativas, no indígenas o alienígenas. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan fuera de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial (i.e., fuera del área que ocupan naturalmente o que no pudieran ocupar sin la intervención directa o indirecta de los humanos). Incluyen cualquier parte del organismo, gametos o propágulos de la especie que pudieran sobrevivir y reproducirse subsecuentemente (22).

2.1.8.4.Especie exótica invasora

Especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública (22).

2.1.9. Nicho ecológico

- **Según Hutchinson (1957).** Este concepto general de nicho puede ser delimitado a lo que ha sido llamado nicho ecológico, en donde hace referencia al tiempo actual en el cual se desarrolla el organismo, y cómo éste interactúa con los factores ambientales que lo rodean (23).
- **Según MacArthur (1968), Elton y Grinnell** habían tenido una concepción muy diferente del nicho: el primero lo consideraba como el “papel” que cumple una especie en la comunidad y el segundo como la subdivisión del ambiente “ocupada” por una especie. En cambio, en la misma época, Root (1967) no diferenció entre ellos y sostuvo que su propia (y famosa) definición de gremio era equivalente al concepto de “papel funcional de la especie” que pose- ía el término nicho en tiempos pre-hutchinsonianos (24).

- **Según Vandermeer (1972)** asoció al nicho con el hábitat y señaló que un análisis sutil revelaba que los conceptos según Elton y según Grinnell eran versiones cualitativas de lo que luego Hutchinson definiría como nicho realizado y nicho fundamental, respectivamente (i.e., después y antes de la influencia de interacciones biológicas) (24).
- **Según Whittaker et al. (1973)**, por el contrario, intentaron dejar establecida la separación definitiva de los conceptos de nicho y de hábitat, que consideraban incorrecto mezclar. En el camino, postularon que los conceptos según Elton y Hutchinson se referían al papel intracomunitario de la especie, mientras que Grinnell hablaba de hábitat o de la relación con variables intercomunitarias, pero que probablemente Hutchinson y Grinnell hablaran de una mezcla de ambas (24).

2.1.10. Nicho Fundamental

El nicho fundamental, se utiliza para predecir áreas de distribución de las especies y se puede estimar midiendo las respuestas de los individuos a parámetros físicos cuyas combinaciones óptimas se buscan en el ámbito geográfico con los SIG(25).

Todos los aspectos (variables) del espacio o hiper volumen, en la ausencia de otras especies. En pocas palabras es donde la especie puede vivir(26).

2.1.11. Nicho Realizado

Es aquella fracción del nicho fundamental en la cual la especie actualmente existe, es decir, la parte del nicho fundamental que no se traslapa con el de otras especies (25).

Subconjunto del nicho fundamental en el cual las especies están restringidas debido a sus interacciones inter-específicas. Es igual a un espacio ecológico y geográfico donde la especie vive (26).

2.1.12. Modelo de Distribución Potencial

En este caso con el uso de variables climáticas, los algoritmos que estiman la distribución potencial de las especies con registros de solo presencia, identifican las áreas con

características climáticas similares a los sitios en donde previamente han sido observadas las especies (13).

2.1.13. Modelación de Nicho Ecológico

Las especies responden a reglas ecológicas que determinan su distribución en el espacio geográfico (interacción entre el espacio ecológico y el geográfico). Las reglas ecológicas son independientes del espacio geográfico, por lo que la especie puede ser predicha en lugares donde nunca ha sido registrada (nicho potencial). Cada punto geográfico se corresponde con sólo uno en el espacio ecológico, pero cada punto en el espacio ecológico se puede corresponder con más de un punto en el espacio geográfico (26).

2.1.14. Herramientas para el modelado de nicho ecológico

Existen una gama amplia de herramientas para el modelado de nicho ecológico, sin embargo en la presente investigación para los análisis respectivos de modelado se utilizaron las siguientes herramientas:

2.1.14.1. MaxEnt

MaxEnt (Máxima Entropía) es una herramienta la cual permite proyectar patrones de distribuciones geográficas mediante el empleo de modelos del nicho ecológico fundamental, construidos con base en registros puntuales de las localidades de recolecta de registros (27).

2.1.14.2. SIG

Conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real, datos, conjunto de mapas, de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas. Resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de esa zona (28).

En la realización de este tipo de estudios es necesaria no sólo la participación de un equipo multidisciplinar de profesionales, sino el posterior almacenamiento, unificación y conjunción de los datos “geográficos” aportados por cada uno de dichos profesionales, con el fin de obtener una visión conjunta e integrada del territorio que permita la

racionalización de las actividades antrópicas dentro del mismo. Es precisamente en esta tarea de almacenamiento de datos “geográficos, de cuantificación de impactos y riesgo; de tratamiento conjunto de la información, donde los SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA se han configurado como herramientas cada vez más útiles e imprescindibles para las tareas de planeamiento territorial, por lo que su uso resulta imprescindible, en la actualidad, para llevar a cabo este tipo de estudios (29).

2.1.15. Análisis de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic)

Permite crear una curva ROC y un informe completo de sensibilidad / especificidad. La Curva ROC es una herramienta fundamental para la evaluación de pruebas diagnósticas.

En una curva ROC, la tasa verdadera positiva (Sensibilidad) se grafica en función de la tasa falsa positiva (100-Especificidad) para diferentes puntos de corte de un parámetro. Cada punto en la curva ROC representa un par de sensibilidad / especificidad correspondiente a un umbral de decisión particular. El área bajo la curva ROC (AUC) es una medida de qué tan bien un parámetro puede distinguir entre dos grupos de diagnóstico (enfermo / normal) (30).

El rendimiento diagnóstico de una prueba o la exactitud de una prueba para diferenciar los casos de enfermedad de los casos normales se evalúa utilizando el análisis de curva de Característica operativa del receptor (ROC). Las curvas ROC también se pueden usar para comparar el rendimiento diagnóstico de dos o más pruebas de laboratorio o de diagnóstico (30).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Influencia del cambio climático sobre la distribución geográfica de especies exóticas invasora

Desde el punto de vista de la biodiversidad se ha documentado que el cambio climático afecta directa e indirectamente a individuos, poblaciones y especies, así como a los ecosistemas en su composición y función. Este cambio puede generar pérdida del hábitat, de componentes del ecosistema y de interacciones intra e interespecíficas, así como aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de la

migración de los organismos, en el tamaño y distribución de las poblaciones, entre otros aspectos. Es decir, genera cambios dentro de la diversidad biológica tanto en su composición, estructura y función a diferentes escalas temporales y espaciales (31).

A nivel de las poblaciones, estas respuestas varían dependiendo de las especies y su capacidad de respuesta a los cambios, es decir, hay especies que tienen gran amplitud de su nicho (generalistas) que se pueden ver beneficiadas por las modificaciones en el clima por lo que podrían responder aumentando sus poblaciones e incluso aumentado su área de distribución geográfica. Sin embargo, existen otras especies con una reducida amplitud de su nicho (especialistas) que potencialmente se verán afectadas más drásticamente por los cambios, es decir tienen una mayor sensibilidad al efecto del cambio climático (31).

2.2.1.1. Antecedentes de la modelación de especies frente al cambio climático

Las investigaciones en modelación de especies frente al cambio climático se han presentado para animales, insectos y plantas (32); para este último grupo, se han desarrollado en su mayor parte para bosques tropicales. Ejemplo de ello, es el trabajo realizado por, en el que se investigó acerca de la respuesta de la distribución de las especies ante el cambio climático en algunas especies de los Andes tropicales. El principal objetivo fue evaluar los posibles impactos del cambio climático, en los escenarios A2 (Describe un mundo muy heterogéneo autosuficiente y con conservación de las identidades locales. con una población mundial en continuo crecimiento) y B2 (describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental), en el nicho ambiental de un grupo de aves y plantas vasculares de origen andino para los años 2050 y 2080. Los resultados demostraron que los efectos del cambio climático sobre la biota andina podrían ser extremadamente severos, reflejados en posibles extinciones o migraciones a zonas aledañas (18).

Según la revisión de diferentes estudios a lo largo de los años muestran la importancia de los modelos espaciales generados en un sistema de información geográfica (SIG) para predecir los cambios en la distribución y diversidad de los bosques tropicales en Costa Rica en respuesta al cambio climático. Muestran los siguientes resultados, los escenarios indican que las zonas de vida de bosques tropicales pueden tener un cambio en su distribución como resultado de los cambios climáticos. Las zonas de vida de alta elevación, evidenciaron ser más sensibles a los cambios de temperatura, mientras que las

zonas de vida de más baja elevación, tendían a ser más sensibles a los cambios en la precipitación. Como principales conclusiones, señalan que las zonas de vida, pueden ser particularmente vulnerables a los cambios climáticos futuros, dependiendo de la elevación. Esta cuestión también puede presentarse en los bosques de tierras bajas estacionalmente secos (18).

Se han realizado varios estudios para estimar los posibles cambios en la distribución de especies de flora arbórea en el Pacífico Norte y sur de Costa Rica en respuesta a los efectos del cambio climático. En este estudio se seleccionaron especies vulnerables de Índice de valor de importancia (IVI) alto y de carácter maderables. Se realizó una modelación empleando el software Maximum Entropy Modeling MAXENT, el cual se contrastó con el bosque existente para tener una mejor idea de lo que realmente podría suceder en las áreas protegidas y corredores biológicos de Costa Rica. Para este objetivo se tomó la capa de cobertura de la tierra del año 2005 y se reclasificó de manera binaria en bosque y no bosque (18).

Este estudio concluye que la probabilidad de mantener hábitats climáticos para especies arbóreas dentro de áreas protegidas y corredores biológicos no es mayor que las zonas afuera. Los resultados indican que aparte de las superficies mencionadas dentro del sistema de áreas protegidas y corredores biológicos se debería priorizar más áreas para medidas de restauración ecológica fomentando migración de especies arbóreas y sus organismos dependientes (dispersores, polinizadores, etc.) fuera de corredores y áreas protegidas. Para este fin puede ser útil introducir una nueva categoría de conservación y adaptación, por ejemplo, llamadas “áreas prioritarias de adaptación al cambio climático” (APACC) (18).

Para culminar con la investigación se realizó una identificación de los tipos de bosque del transecto Caribe Villa Mills en Costa Rica, en esta realiza una identificación de tipos de bosque a partir de agrupación de parcelas, y emplea en su modelación la técnica de Ordenación Aditiva Restringida (CAO), la técnica de Ordenación Restringida Cuadrática (CQO), llamada Ordenación Canónica Gaussiana (CGO), para modelar abundancias con escenarios A1B (escenario con utilización equilibrada de fuentes fósiles). Como resultado principal la modelación indicó que algunas de las especies evaluadas tienden a modificar su distribución en el gradiente altitudinal ascendiendo en altitud y otras tienden a

disminuir su rango inferior de distribución altitudinal, esta modelación se desarrolló para los escenarios 2050 y 2080 (18).

2.2.1.2. Metodología empleada para el modelado de nicho ecológico

El cambio climático genera diferentes respuestas en el patrón de distribución de la flora y fauna. Según las predicciones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) por medio de modelos globales, las zonas altas son las que sufrirán efectos mayores, debido a los cambios drásticos en variables ambientales como la temperatura y precipitación. Por ello se realizaron modelos de nicho ecológico con el algoritmo MaxEnt (basado en máxima entropía) para las especies. A partir de las proyecciones al 2050 y 2070 de Worldclim (capas con información del clima global), se generaron los modelos en los escenarios de Representative Concentration Pathways de: RCP 2,6 (mitigación), RCP 4,5 (estabilización) y RCP 8,5 (pesimista). Las variables de mayor aporte fueron la temperatura máxima del periodo más caliente y la temperatura media en el trimestre más lluvioso; se utilizaron el test de Jackknife y el Área bajo la curva (AUC) para la validación y análisis de los modelos (2).

Según los autores revisados, Maxent y ArcGIS contribuyen como herramientas esenciales para la modelación de las especies seleccionadas. Cabe recalcar que las especies a modelar se eligieron según los objetivos a alcanzar en sus diferentes investigaciones dependiendo de cada autor.

Junto con los modelos bioclimáticos que se han utilizado en las investigaciones revisadas, se han desarrollado en el pasado otros modelos (modelos dinámicos de vegetación mundial, acrónimo en inglés DGVMs) enfocados en la predicción de cambios en la dinámica de grupos de especies vegetales con forma y función parecida en el ecosistema (tipos funcionales de plantas) en respuesta al clima y desde una perspectiva biogeoquímica (vinculación entre los procesos físicos y fisiológicos). Estos modelos abordan cuestiones como los efectos de aumento en los niveles de CO₂ atmosférico sobre el clima, incorporando los mecanismos de retroalimentación entre el clima y la dinámica de la vegetación y considerando cómo los cambios en la vegetación afectarán al funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, al utilizar este tipo de modelos también denota su complejidad ya que dificultaba su parametrización y validación. Además de no caracterizarse por una aproximación de especie específica (4).

Es necesario corroborar las características de cada especie, en las distintas investigaciones analizadas, en los modelos proyectados a futuro, las especies que se encuentran en montañas altas, el rango inferior de distribución tiende a reducirse; forma contraria aquellas especies de partes bajas o medias, donde tienen la posibilidad de colonizar en el rango superior de la distribución altitudinal (18).

Las variables climáticas más determinantes para la creación de los modelos de nicho ecológico actual, mediano y largo plazo son derivadas de la temperatura (2), mientras que las de las precipitaciones son imprecisas a las modificaciones a mediano y largo plazo.

2.2.1.3. Modelación de la distribución potencial actual y futura

Los modelos de distribución potencial se produjeron con base en la reconstrucción del nicho ecológico de las especies bajo el método de distancia al centroide del nicho a través de la construcción de un elipsoide de volumen mínimo. El mapa resultante de esta modelación presenta valores de 0 a 1, que son valores normalizados de distancias de Mahalanobis y representan un índice de favorabilidad ambiental. Los valores cercanos a 1 representan zonas con mejores condiciones ambientales para el establecimiento de una especie en donde sus abundancias podrían ser altas, mientras que los valores cercanos a 0 son condiciones ambientales favorables pero marginales, en donde se esperarían abundancias bajas (11).

Según la revisión de estudios el procedimiento más común seguido para la modelación de la distribución potencial bajo el método de distancias al centroide fue el siguiente:

- Los registros de cada una de las especies, tanto de su distribución nativa como de sus áreas de invasión, fueron divididos aleatoriamente en dos conjuntos, uno de calibración y otro de validación en una proporción de 70:30 (11).
- Los datos de presencia usados para la calibración de los modelos se usaron con la base de datos ambientales WorldClim para extraer los valores de las variables climáticas para cada registro. WorldClim tiene una cobertura temporal de 1961-1990 y los análisis se hicieron a una resolución espacial de 10 minutos (aprox. 18.5 km) (11).
- Se usó el sistema de modelación MaxEnt para identificar las tres variables ambientales más importantes para cada especie, mediante el método de permutación.

- Con esa información se construyó un elipsoide multidimensional de volumen mínimo cuyo centroide es la media de las tres variables, y sus dimensiones fueron calculadas a partir de la matriz de covarianza de los datos. Este elipsoide representa, en efecto, el nicho ecológico (climático) de la especie (11).
- Este nicho fue proyectado al espacio geográfico para obtener un mapa de distribución potencial mundial que fue evaluado con los registros de validación usando la prueba de ROC parcial (11).
- De esta forma, los productos obtenidos de la modelación para cada especie fueron: Un mapa de distribución potencial mundial actual (1961-1990) a una resolución espacial de 10 minutos (18.5 km) (11).

2.2.1.4.Riqueza de especies invasoras

Con el propósito de identificar las zonas de mayor vulnerabilidad de invasión actual y futura se identificaron las Ecoregiones (nivel I), entidades federativas y áreas naturales protegidas (ANP) con una alta riqueza de especies de vertebrados, plantas e insectos invasores. Para esto se transformaron los mapas continuos de idoneidad a mapas binarios de presencia-ausencia, utilizando como umbral de corte el décimo percentil de los datos de calibración (11).

Los mapas de riqueza se calcularon con la herramienta SDMToolBox de ArcGis 10.1. Esta herramienta permite sumar todos los mapas binarios de las especies evaluadas. La riqueza fue estimada para el presente, dos futuros (2050 y 2070) y sus correspondiente RCP (4.5 y 8.5). Como resultado se obtuvieron mapas para el total de las especies, el grupo de plantas y vertebrados (11).

2.2.1.5.Importancia de las áreas protegidas para la conservación de biodiversidad

Se considera que las áreas protegidas son esenciales para la biodiversidad en futuras generaciones, las modelaciones en cada investigación cada vez más generan un valor contrario, pérdida considerable del área de distintas zonas una más vulnerables que otras por condiciones climáticas adversas en escenarios futuros. Lo cual convierte a las áreas {protegidas en una parte fundamental para la conservación de las especies y para la supervivencia de las mismas.

Por ello, la necesidad de expandir la conservación de especies endémicas de cada país, para aumentar la posibilidad de conexión entre las áreas protegidas y generar una oportunidad de disminuir la desintegración de los ecosistemas y la pérdida de especies por invasiones biológicas. Además, con el cambio climático y las permutaciones en las variables climáticas, de que especies endémicas sobrevivan a perturbación excesivas son casi nulas, dejando cabida a las especies exóticas invasoras que por sus características se adaptan de manera más rápido al medio que les rodea.

Según los artículos revisados las zonas más altas son las zonas más vulnerables dejando esto una incertidumbre en la zona de Ecuador Continental ya que la mayoría de nuestras áreas protegidas que conservan la mayor diversidad del país se encuentran en la región Sierra, por lo cual es necesario las investigaciones para predecir los impactos que se generaran en escenario futuros y evitar perder la diversidad florística y faunística que posee la zona.

2.2.1.6. Impacto socio-económico potencial de las especies exóticas invasoras bajo los efectos del cambio climático

Debido a la falta de información básica sobre su impacto económico (incluida la valoración de los daños sobre los servicios proporcionados por los ecosistemas) y de proyecciones de la futura distribución de las EEI bajo los efectos del cambio climático, y al desconocimiento de la respuesta de los sectores productivos al cambio climático, tan sólo se pueden avanzar conjeturas sobre su impacto socioeconómico bajo diferentes condiciones climáticas (4).

Sobre la base de los impactos previstos del cambio climático en la Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio y en el Plan Nacional de Adaptación y manteniendo la misma clasificación sectorial, se han planteado las siguientes hipótesis: 1) Costes más elevados en la gestión de EEI, puesto que los métodos de control podrían ser ineficaces con el nuevo clima. 2) La futura reducción de recursos 3) La pérdida de productividad 4) La expansión e introducción de monocultivos de especies exóticas de crecimiento rápido. 5) En el sector agrícola y ganadero, malas hierbas, plagas y enfermedades exóticas podrían provocar importantes daños económicos. 6) El desplazamiento de las barreras climáticas a mayores altitudes incrementará las posibilidades de invasión. 7) Pérdida de carbono del suelo. 8) Es previsible un aumento

de los gastos sanitarios directos y en el campo de la prevención epidemiológica 9) En el sector energético uno de los mayores riesgos de cara al futuro deriva de la potenciación del desarrollo de sistemas de cultivo de biocombustibles que podrían promover la introducción de EEI (4).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Ecuador es un país que está localizado en el noroeste de Sudamérica. Los límites del Ecuador son: al norte Colombia, al este y al sur Perú y al oeste el Océano Pacífico (Fig.1). Las Islas Galápagos también son parte del territorio ecuatoriano y están localizadas en el Océano Pacífico, a 965 km de la costa ecuatoriana. El país está en la línea del ecuador y la superficie total es de 256 370 km². Está dividido en cuatro regiones naturales: la Costa, que está localizada en la parte oeste, la Sierra que está en la parte central de Los Andes, el Oriente o región Amazónica que está al este de Los Andes y la región Insular o Islas Galápagos que son de origen volcánico (33).

El clima de Ecuador es muy variable según la zona. Las tierras bajas de la costa al oeste son normalmente cálidas, con una media de temperatura de 25 °C. El clima en la capital es el montañoso subtropical, es decir, fresco y muy constante. La temperatura media a lo largo del día es de 18,9 °C, que por las noches desciende hasta los 10 °C (33).

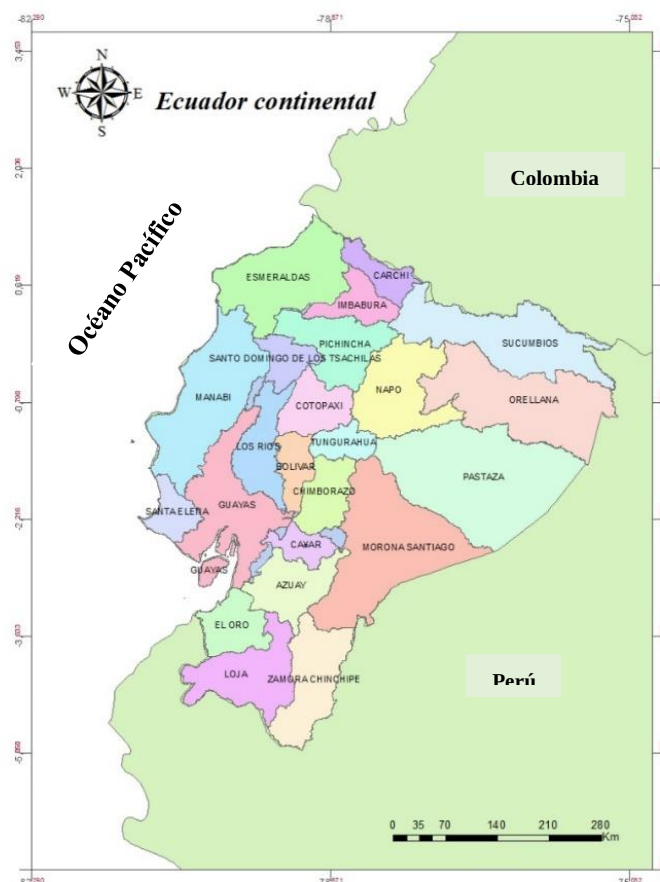


Figura 1. Mapa de Ecuador continental

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación diagnóstica

Este tipo de investigación tuvo como finalidad analizar la situación actual del Ecuador continental con la problemática existente de la invasión por especies exóticas, agregando un escenario de cambio climático con predicciones a futuro, las EEI consiguen establecerse y avanzar de manera espontánea en los nuevos ambientes donde son introducidos causando impactos severos sobre la diversidad biológica, desplazando a especies endémica de su hábitat natural, la cultura, la economía y afectando a la salud pública debido a que se convierten muchas veces en plagas. Como resultado final un diagnóstico de forma exhaustiva de la problemática que amenaza a nuestro país y como principal consecuencia la extinción de especies que cada vez es más notable.

3.2.2. Investigación exploratoria

La investigación de tipo exploratoria se realizó para conocer el tema abordado en este caso, el cambio climático y su influencia sobre la distribución geográfica potencial de EEI en la zona de Ecuador continental, lo que permitió “familiarizarse” con este tema que hasta el momento hay un déficit de investigaciones, lo cual es de suma importancia ya que la zona es rica en biodiversidad. Los resultados de este tipo de investigación nos dieron un panorama mucho más amplio, para poder continuar con un tipo de investigación más rigurosa e implementar medidas de mitigación en un futuro.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método analítico

Para llevar a cabo el método analítico se necesita conocer la naturaleza del fenómeno y del objeto que se estudia para entender su esencia para llevar una apropiada investigación. Este método nos ayuda a conocer más del objeto de estudio y sus características con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. Con la ayuda de este método se analizaron las condiciones climáticas del Ecuador continental, los registros de la distribución de las especies a nivel mundial y en la zona de Ecuador continental. Además se analizó el medio de ecosistemas al que se adaptan, cuáles son los principales países que han sido invadidos; Como

resultado con cada uno de los elementos obtenidos se diseñó una base de datos con la información de las EEI seleccionadas para la investigación.

3.3.2. Método inductivo

Con la ayuda del método inductivo se realizó la revisión bibliográfica referente a cada una de las especies seleccionadas, desarrollando el planteamiento del problema y un análisis general de la condición actual del impacto que generan estas especies en la zona de Ecuador continental y de qué manera lograr posibles medidas de mitigación a futuro, obteniendo en el proyecto de investigación las conclusiones generales con las posibles consecuencias como es la pérdida de diversidad.

3.3.3. Método sintético

Es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos por el análisis; dicho esto con todos los resultados obtenidos se logró predecir las zonas de riesgo potencial de invasión por especies exóticas en Ecuador continental y de qué manera el cambio climático influenciará en escenarios futuros.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La información documentada se obtuvo de una sola fuente y es de tipo secundaria que se basaron en:

- Artículos científicos
- Revistas científicas
- Tesis Doctorales
- Documentos normativos
- Documentos de sitios web
- Registros de especies de flora (TROPICOS, GBIF)
- Informes

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Datos de presencia de especies

Para realizar una selección de las EEI a modelar se consideraron los siguientes criterios: (1) que fuesen terrestres, ya que no existen escenarios climáticos al futuro en las zonas

marinas; (2) que representan un riesgo para una porción importante de Ecuador y (3) que existieran al menos 100 registros de presencia de la especie en su área nativa de distribución y en sitios en donde ya se ha demostrado que es una especie invasor. En función de estos criterios se identificaron 10 EEI de flora (Tabla 1).

Tabla 1: Plantas exóticas invasoras en Ecuador continental elegidas para la modelación del nicho ecológico y el análisis de la distribución geográfica potencial ante escenarios de cambio climático.

Reino	Especies	Nombre común	Familia	Países nativos
Plantae	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	Jaragua	Poaceae	África
Plantae	<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	Nim, Neem	Meliaceae	India
Plantae	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Senecio lechuguilla	Asteraceae	Europa, Asia occidental y norte de África
Plantae	<i>Terminalia catappa</i> L	Almendro	Combretaceae	Malasia
Plantae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje, guaje blanco o verde	Fabaceae	México a Centroamérica y Antillas
Plantae	<i>Setaria palmifolia</i>	Zacate sedoso, motilla, triguillo	Poaceae	Estados Unidos, al sur hasta Argentina y Chile
Plantae	<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca alta, zacate, cañuela alta, cañuela descollada	Poaceae	Europa y Asia
Plantae	<i>Cenchrus echinatus</i>	Mozote, cadillo, zacate erizo, olotillo, cadillo	Poaceae	América
Plantae	<i>Spartium junceum</i> L.	Escoba español o escoba de tejedor	Fabaceae	Europa
Plantae	<i>Coix lacryma-jobi</i>	adlay o adlay mijo	Poaceae	Asia

Para la selección se revisó la lista de las especies invasoras publicadas para Ecuador en el Informe Final del proyecto “Digitalización de Datos de Especies Invasoras del Ecuador a Nivel Nacional y Regional”, en el informe de Especies Exóticas Invasoras en Reservas

de Biosfera de América Latina y el Caribe(34), en el Cuarto Informe para la Convención de Diversidad Biológica(35) y en el proyecto en ejecución “Predicciones de riesgo potencial de invasión de especies exóticas en Ecuador: Implicaciones para especies endémicas y ecosistemas”.

Cada especie se buscó en las bases Global Biodiversity Information Facility (data.gbif.org) y TROPICOS (tropicos.org) para obtener registros (coordenadas geográficas) de presencia en su rango nativo, en el área invadida a nivel mundial y en Ecuador. Para esto se utilizó la librería Spocc (36) del programa R Core Team (2015), la cual permite acceder a diferentes repositorios en línea. Los datos duplicados dentro de un tamaño de pixel de 1 km² fueron removidos de la base de datos a través de la librería NicheToolBox (37), para minimizar la autocorrelación espacial..

3.5.6. Variables climáticas

Para la modelación del nicho climático de las EEI se usaron los registros de presencia de las especies y las 19 variables bioclimáticas disponibles en el WorldClim 1.4 (Tabla 2), con una resolución de 30 arc-segundos (~1 km²)(38). WorldClim tiene una cobertura temporal de 1961-1990 para el presente. La información climática se extrae de cada punto de presencia de las especies con el uso del sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS v10.1 (39).

Tabla 2: Variables bioclimáticas utilizadas en la modelación del nicho climático de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental.

ID	Variables	Descripción
BIO1	Temperatura media anual (°C)	Temperatura promedio de cada mes, son las entradas totales de energía de un ecosistema
BIO2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)	Diferencia entre la temperatura máxima y mínima de un mes, fluctuación de la temperatura para cada especie.
BIO3	Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y7)	Cuantifica temperaturas de día y noche en relación con las oscilaciones de verano-invierno, es la división de BIO2 y BIO7.

BIO4	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	Cantidad de variación de la temperatura durante un determinado año (o años promedio) basado en la desviación estándar (variación) de los promedios mensuales de temperatura.
BIO5	Temperatura máxima media del periodo más cálido (°C)	Temperatura máxima mensual durante un tiempo, año o período promedio de años.
BIO6	Temperatura mínima media del periodo más frío (°C)	Temperatura mínima mensual durante un tiempo, año o período promedio de años.
BIO7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	Variación de temperatura durante un período determinado. Es la resta de BIO5 y BIO6
BIO8	Cuatrimstre más lluvioso (°C)	Índice trimestral de aproximación a temperaturas medias que prevalecen durante la temporada más húmeda.
BIO9	Temperatura media del cuatrimestre más seco (°C)	Índice trimestral de aproximación a temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más seco.
BIO10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)	Índice trimestral de aproximación a temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más cálido.
BIO11	Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)	Índice trimestral de aproximación a temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más frío.
BIO12	Precipitación anual (mm)	Suma de todos los valores totales mensuales de precipitación.
BIO13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	Precipitación total que prevalece durante el mes más lluvioso.
BIO14	Precipitación del periodo más seco (mm)	Precipitación total que prevalece durante el mes más seco.
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)	Variaciones totales mensuales de precipitación a lo largo del año.

BIO16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	Precipitación total que prevalece en el trimestre más húmedo.
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco(mm)	Precipitación total que prevalece en el trimestre más seco.
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	Precipitación total que prevalece en el trimestre más cálido.
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	Precipitación total que prevalece en el trimestre más frío.

Fuente: WordlClim.com

3.5.7. Caracterización la distribución geográfica potencial actual y bajo escenarios de cambio climático de las especies exóticas invasoras en Ecuador continental.

Los registros de presencia de cada especie fueron la base fundamental para la obtención del área de accesibilidad de la especie (M), con la ayuda del mapa Köppen-Geiger (Zonas Climáticas) (40) y la literatura científica citada en la investigación. Para la obtención del recorte del área de accesibilidad de la especie (M) y para cada variable bioclimática y luego proceder a la transformación a ASCII se utilizó la herramienta herramientas para el recorte Argis, SDMToolBox, Basic Tools- Raster Tools- 2B. ASCII to Raster, en ArcGis.

3.5.7.1. Modelación del nicho ecológico

Con los registros de las especies y el área accesibilidad de la especie (M), se modeló el nicho ecológico de las especies, se usó el algoritmo de máxima entropía Maxent 3.4.0 (41). Este es un método correlativo que sólo requiere de información sobre la presencia de las especies y una serie de parámetros climáticos actuales para generar un modelo de las condiciones que favorecen la presencia de una especie (i.e., un modelo de su nicho ecológico). Este modelo es proyectado al espacio geográfico para generar un mapa que representa la distribución de las condiciones favorables para la especie, o su distribución potencial (42).

Al aplicar Maxent para modelar la distribución de presencia de especies, los píxeles de la zona de estudio son el espacio en el que la distribución de probabilidades de Maxent está definida. Los píxeles con presencia de la especie registrada, constituyen los puntos de muestra y las características son las variables climáticas (43).

Los modelos fueron calibrados con los datos de presencia en la región nativa y transferidos (en el espacio geográfico) hacia la región de Ecuador continental en el presente y en varios escenarios futuros. El 85% de los datos de presencia por especie fueron utilizados para calibrar el modelo de la especie y el otro 15% para validarlo. Los modelos fueron evaluados con la prueba ROCparcial en el programa niche (37).

Para conocer el potencial invasivo actual y futuro de estas especies en Ecuador, cada modelo fue proyectado a un escenario climático actual para el país (1961- 1990; a una resolución de 1 km²) y a escenarios climáticos futuros, uno cercano con su centro en 2050 (2041-2060) y otro lejano centrado en 2070 (2061-2080), bajo dos escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, uno cauteloso (RCP 4.5) y otro extremo (RCP 8.5). Los escenarios futuros se obtuvieron a partir del laboratorio GFDL-CM3 (Estados Unidos).

Se transformaron los mapas continuos de adecuación a mapas binarios de presencia (1) – ausencia (0), utilizando como umbral de corte el *minimun training presence* de los datos de calibración.

Para conocer cuáles eran las provincias más afectadas por la distribución geográfica potencial de cada una de las especies, se utilizó el mapa descargado de provincias del Ecuador y los mapas binarios de cada una de las especies, para esta procesamiento se utilizó la herramienta, Spatial Analyst Tools (Extract by Mask).

Se sumaron los mapas binarios de las especies en el SIG para identificar las zonas con mayor coincidencia de los modelos (mayor número de modelos coincidiendo en el espacio geográfico, mapa de riqueza). Estas áreas se delimitaron como zonas de mayor susceptibilidad a la invasión actual y futura y/o afectación por el alto número de EEI con presencia potencial. El mapa de riqueza se calculó con la herramienta SDMToolBox, Basic Tools- Raster Tools- 5b Sum Rasters All Same Extent, de ArcGis 10.1. La riqueza fue estimada para el presente, el futuro (2050 y 2070) y dos escenarios RCP (4.5 y 8.5).

3.5.8. Caracterización el nicho climático de las especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental ante escenarios de cambio climático.

Para caracterizar el nicho climático de cada especie, se sacaron los porcentajes de contribución y la importancia de la permutación de cada variable empleada para modelar. La importancia de las variables climáticas sobre los modelos fue determinada comparando los valores ganados en el jackknife que realiza Maxent a los datos de calibración, cuando el modelo es corrido con las variables individuales. De esta forma se seleccionaron las variables más importantes o de mayor aporte a los modelos. Además, se utilizaron los gráficos arrojados por el programa para explicar visualmente, el comportamiento del índice de adecuación del modelo de cada especie en función de los cambios de las variables más importantes. De esta forma se obtuvieron los rangos de los valores de las variables en los cuales se podría obtener los mayores valores de adecuación de cada modelo.

3.5.9. Evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático de las especies exóticas invasoras ante escenarios de cambio climático.

Con los mapas binarios también se hicieron comparaciones entre la distribución actual y futura para identificar expansiones, estabilidad o contracción en las distribuciones geográficas potenciales de las especies, con la herramienta SDMToolBox (SDM Tools- Maxent Tools- Distribution Changes Between Binary) en ArcGis. A partir de este análisis se obtuvo la extensión del área en km² por cada especie para visualizar el rango de expansión contracción o si la especie no presenta cambios.

3.6. Instrumentos de investigación

La observación indirecta fue el instrumento de investigación principal en este proyecto, ya que se obtuvo la información de las 10 especies; *Hyparrhenia rufa*, *Azadirachta indica* A. Juss, *Senecio vulgaris* L, *Terminalia catappa* L, *Leucaena leucocephala*, *Setaria palmifolia*, *Festuca arundinacea*, *Cenchrus echinatus*, *Spartium junceum* L, *Coix lacryma Jobi*, de fuentes bibliográficas, para conocer el origen de y para poder determinar su área nativa. la información de la ecología y los medios a donde se adaptan las especies

fue necesario para poder determinar cuáles fueron las posibles zonas de vulnerabilidad en Ecuador continental.

3.7. Recursos humanos y materiales

3.7.6. Materiales

3.7.6.1. Materiales de oficina

- Libreta de apuntes
- Bolígrafo
- Hojas A4
- Impresora

3.7.6.2. Equipos

- Laptop (capacidad alta, para procesamiento en la modelación?)
- Disco duro externo de 1 TB

3.7.6.3. Software especializados

- Maximun Entropy Species Distribution Modeling (MaxEnt 3.4.1)
- ArGis v10.1

3.7.7. Equipo de dirección y coordinación

Para el proyecto de investigación que se realizó se contó con la disposición, apoyo y guía de los siguientes:

- PhD. Yarelys Ferrer Sánchez
- Blgo. Juan Pablo Urdánigo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de la modelación del nicho ecológico para las 10 EEI de floras seleccionadas bajo escenarios de cambio climáticos futuros, luego de cumplir con los requisitos establecidos en este estudio.

4.1. Resultados

4.1.1. Caracterización de la distribución geográfico potencial actual y bajo escenarios de cambio climático para 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental.

- *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf

Hyparrhenia rufa es una hierba perenne de altura ampliamente naturalizada en regiones tropicales y subtropicales del mundo donde se ha introducido intencionadamente principalmente para mejorar la producción ganadera (Fig.2). Se utiliza para el pastoreo y para heno y ensilado. La especie se ha escapado de cultivo y se ha convertido en invasora en los Estados Unidos, Australia, México, Brasil, América Central y las Indias Occidentales. Es una hierba agresiva altamente tolerante a la sequía, el pastoreo y el fuego, que crece formando gradas altas y densas que desplazan a la vegetación nativa (44).



Figura 2: *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf se encuentra distribuida en Argentina, Brasil, Costa Rica, Gambia, Guatemala, México, Panamá, Cota de Marfil, Mali, Senegal, Colombia, Bolivia, Costa Rica Nicaragua, Paraguay, Burkina Faso, Ghana, Republica Dominicana (Fig.3).

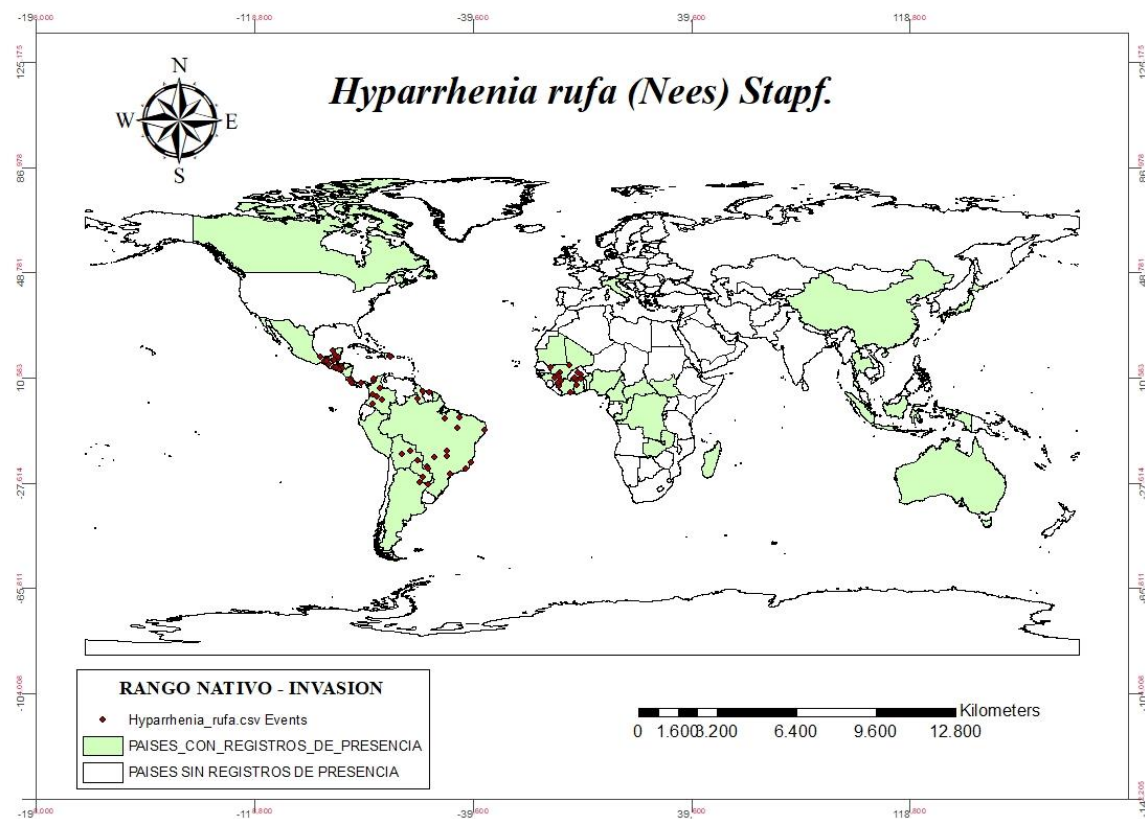


Figura 3: Registros de presencia de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.80 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.8 ± 0.12 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 3).

Tabla 3: Rendimiento del modelo para *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf

<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	
AUC _{Training}	0.801
AUC _{Test}	0.624 $\pm$ 0.095
AUC _p	1.8 $\pm$ 0.12
p	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 291785 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (nicho potencial; Fig.4). Esta zona incluye, las provincias de Guayas, El Oro, Manabí, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Napo, Azuay, Loja y Bolívar, con mayor índice de adecuación de la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice de adecuación fueron Santa Elena, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, el total de área que corresponde a zonas no adecuada fue de 5884 km² (no nicho; Fig.4).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 263102 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (nicho potencial; Fig.4). Esta zona incluye, las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Morona Santiago, Napo, Cañar, Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay, Loja y Bolívar. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Orellana y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice de adecuación fueron Tungurahua, Chimborazo, Cañar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 23326 km².

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) se encontró un área de 269419 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (nicho potencial; Fig.4). Esta zona incluye, las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena, Morona Santiago, Napo, Cañar, Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay, Loja y Bolívar, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Orellana y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice de adecuación fueron Tungurahua, Chimborazo, Cañar. El total de área que corresponde a zonas no adecuada es 28260 km².

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 270715 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (nicho potencial; Fig.4). Esta zona incluye, las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena, , Morona Santiago, Napo, Cañar, Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay, Loja y Bolívar, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Orellana y

Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice de adecuación fueron Tungurahua, Chimborazo, Cañar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 15713 km².

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 268804 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (nicho potencial; Fig.4). Esta zona incluye, las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena, , Morona Santiago, Napo, Cañar, Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay, Loja y Bolívar, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Orellana y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice de adecuación fueron Tungurahua, Chimborazo, Cañar, el total de área que corresponde a zonas no adecuada es 28875 km².

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf

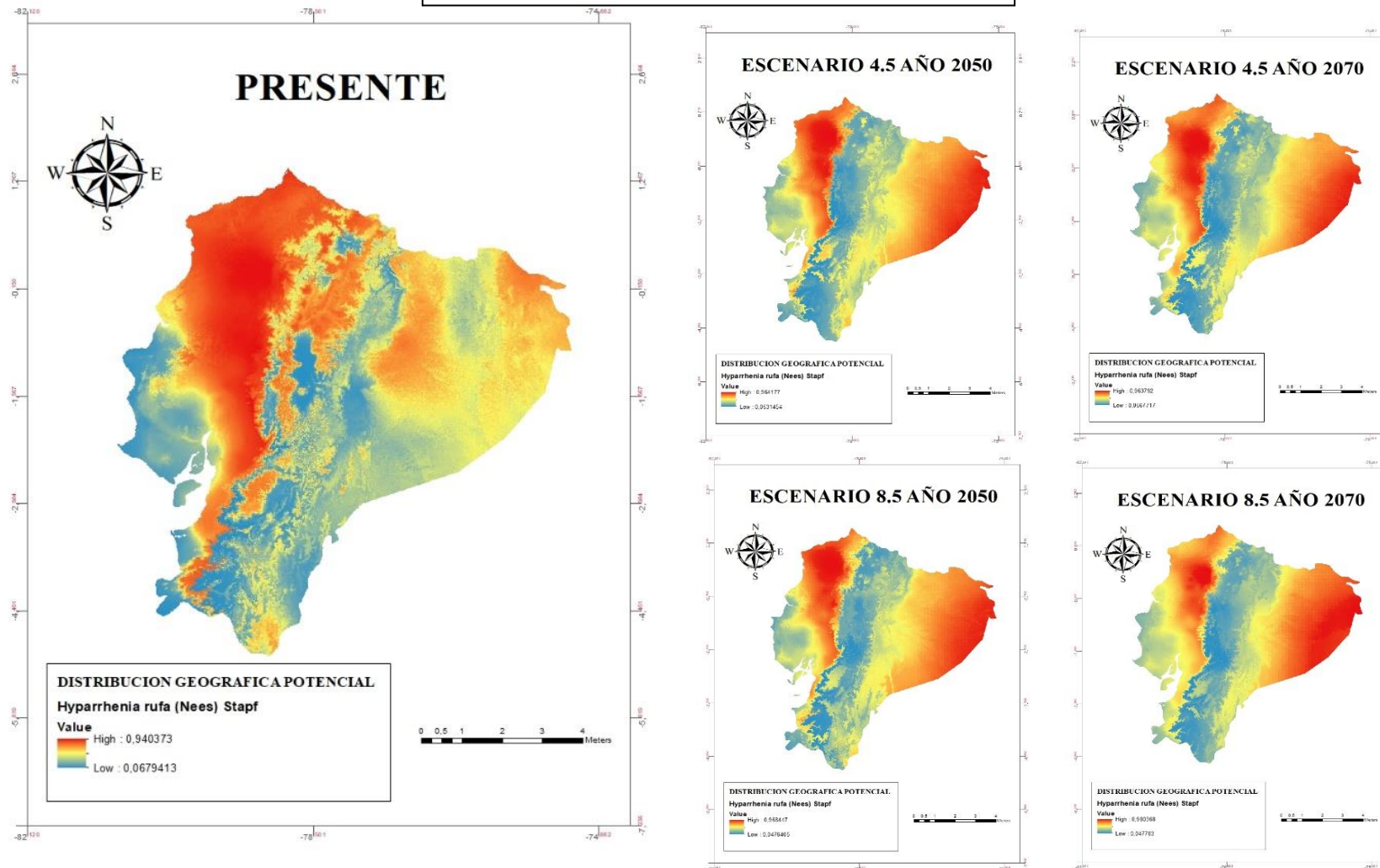


Figura 4: Distribución geográfica potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Hyparrhenia rufa* (Nee) Stapf, obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Tungurahua presenta la menor extensión (3060 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.5; Tabla 4)

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (606 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Bolívar presenta la menor extensión (2288 km²) (Fig.5; Tabla 4).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (575 Km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Bolívar presenta la menor extensión (2065 km²) (Fig.5; Tabla 4).

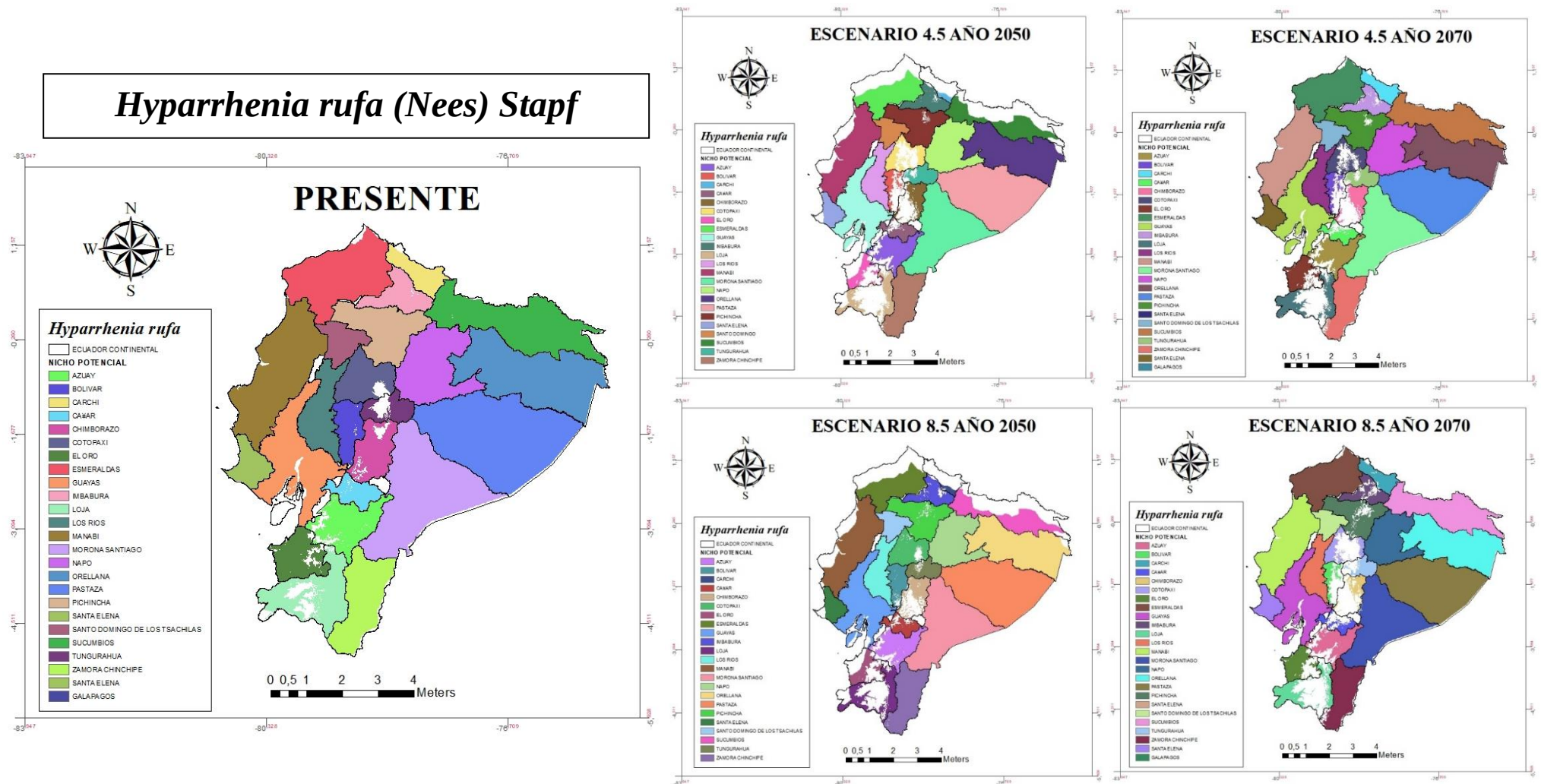


Figura 5: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Hyparrhenia rufa*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 4 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Hyparrhenia rufa*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 4: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Hyparrhenia rufa* para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	90.99	8388	9.01	831	81.21	7487	18.79	1732	84.01	7745	15.99	1474	82.57	7612	17.43	1607	76.48	7051	23.52	2168	9219
Bolivar	99.28	4531	0.72	33	48.16	2198	51.84	2366	93.36	4261	6.64	303	50.13	2288	49.87	2276	45.25	2065	54.75	2499	4564
Cañar	98.40	3625	1.60	59	81.65	3008	18.35	676	83.31	3069	16.69	615	76.76	2828	23.24	856	57.44	2116	42.56	1568	3684
Carchi	94.68	4179	5.32	235	13.73	606	86.27	3808	13.03	575	86.97	3839	94.13	4155	5.87	259	92.27	4073	7.73	341	4414
Cotopaxi	92.36	6651	7.64	550	58.84	4237	41.16	2964	90.33	6505	9.67	696	68.84	4957	31.16	2244	46.49	3348	53.51	3853	7201
Chimborazo	90.04	6203	9.96	686	51.97	3580	48.03	3309	56.80	3913	43.20	2976	48.96	3373	51.04	3516	30.67	2113	69.33	4776	6889
El Oro	89.79	6166	10.21	701	40.13	2756	59.87	4111	45.77	3143	54.23	3724	71.30	4896	28.70	1971	69.16	4749	30.84	2118	6867
Esmeraldas	97.43	18060	2.57	476	58.71	10882	41.29	7654	58.57	10857	41.43	7679	97.04	17988	2.96	548	97.07	17993	2.93	543	18536
Guayas	89.89	16339	10.11	1837	94.21	17123	5.79	1053	94.23	17127	5.77	1049	95.05	17277	4.95	899	95.05	17276	4.95	900	18176
Imbabura	99.56	5377	0.44	24	93.69	5060	6.31	341	89.80	4850	10.20	551	93.54	5052	6.46	349	82.78	4471	17.22	930	5401
Loja	82.30	10694	17.70	2300	41.66	5413	58.34	7581	50.87	6610	49.13	6384	51.35	6672	48.65	6322	44.62	5798	55.38	7196	12994
Los Rios	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	99.95	8522	0.05	4	8526
Manabi	99.24	22094	0.76	170	80.52	17926	19.48	4338	80.52	17926	19.48	4338	99.54	22161	0.46	103	99.54	22161	0.46	103	22264
Morona Santiago	97.81	27464	2.19	614	100.00	28078	0.00	0	99.86	28038	0.14	40	97.74	27444	2.26	634	97.46	27366	2.54	712	28078
Napo	100.00	14626	0.00	0	100.00	14626	0.00	0	100.00	14626	0.00	0	100.00	14626	0.00	0	100.00	14626	0.00	0	14626
Pastaza	98.74	34099	1.26	434	100.00	34533	0.00	0	100.00	34533	0.00	0	98.74	34099	1.26	434	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	100.00	11063	0.00	0	97.78	10817	2.22	246	96.84	10713	3.16	350	97.10	10742	2.90	321	89.73	9927	10.27	1136	11063
Tungurahua	77.04	3060	22.96	912	82.33	3270	17.67	702	92.88	3689	7.12	283	84.14	3342	15.86	630	65.46	2600	34.54	1372	3972
Zamora Chinchipe	96.47	11933	3.53	437	99.18	12268	0.82	102	99.80	12345	0.20	25	94.02	11630	5.98	740	92.51	11443	7.49	927	12370
Sucumbios	98.20	20675	1.80	380	51.27	10795	48.73	10260	51.27	10795	48.73	10260	98.24	20684	1.76	371	98.24	20684	1.76	371	21055
Orellana	99.04	25045	0.96	242	98.29	24854	1.71	433	98.29	24854	1.71	433	99.04	25045	0.96	242	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	100.00	4417	0.00	0	99.93	4414	0.07	3	99.93	4414	0.07	3	99.95	4415	0.05	2	99.93	4414	0.07	3	4417
Santa Elena	99.26	4289	0.74	32	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Azadirachta indica* A. Juss**

Azadirachta indica A. Juss, conocido comúnmente como margosa y paraíso de la India en español y como neem en inglés e hindi, es un árbol de tamaño de mediano a grande, caracterizado por su fuste corto y recto, una corteza arrugada de color de marrón oscuro a gris y una copa densa y redondeada con hojas pinnadas (Fig. 6). Nativa al sur de Asia, la margosa se planta y naturaliza extensamente en las áreas semiáridas a través de Asia y África. Ha sido introducida a varias de las islas del Caribe, en donde se le cultiva más que nada para sombra, combustible y numerosos productos no madereros que se obtienen de las hojas, la fruta y la corteza. Entre estos se encuentran agentes medicinales e insecticidas. La margosa es siempre verde, excepto en las áreas susceptibles a las heladas y las sequías (45).



Figura 6: *Azadirachta indica* A. Juss especie exótica
Invasora en Ecuador continental
Fuente: Commons.wikimedia.org

Se encuentra distribuida en Antigua y Barbuda, Argelia, Australia, Benín, Brasil, Burundi, Colombia, Costa Rica, República Centroafricana, Egipto, Guinea Ecuatorial, El Salvador, Etiopía, Ghana, Honduras, India, Costa de Marfil, Kenia, Madagascar, Malawi, Mali, Nigeria, Surinam, Nicaragua, Arabia Saudita, Senegal, Somalia, Tailandia, Togo, Tanzania, Uganda, Burkina Faso, Zambia (Fig.7).

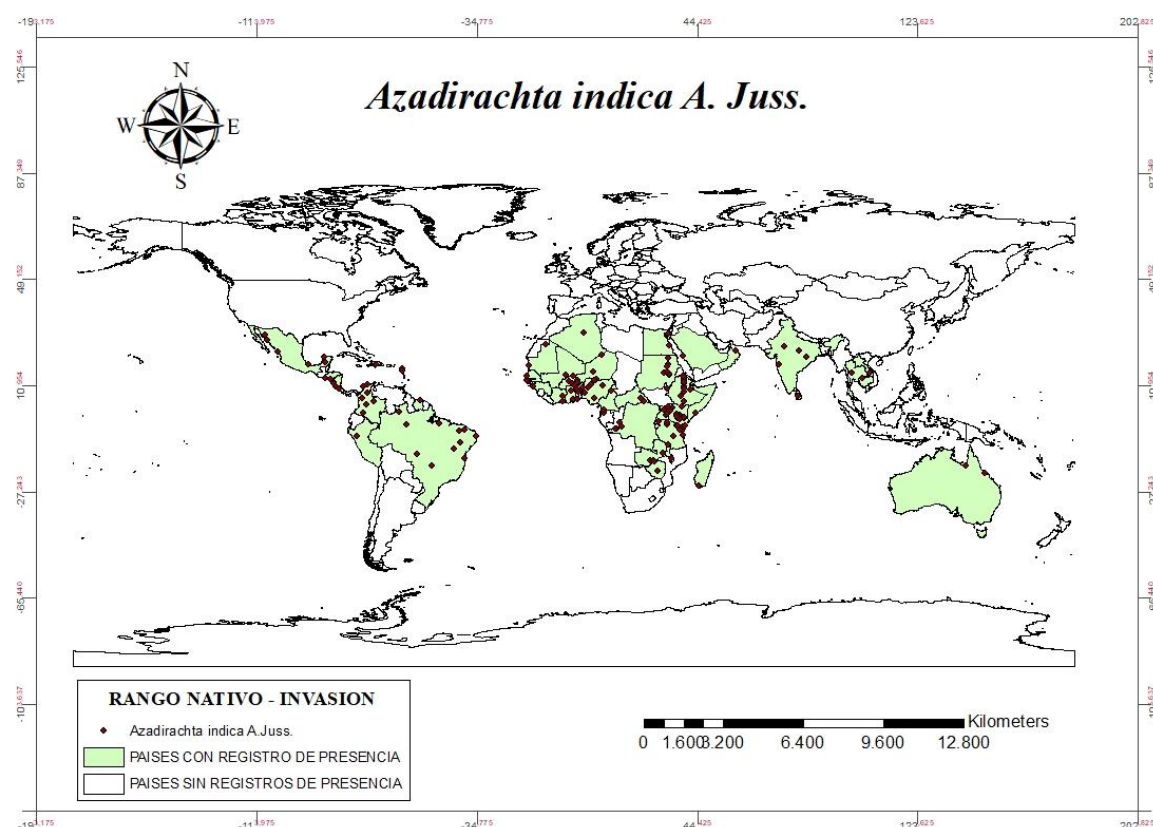


Figura 7: Registros de presencia de *Azadirachta indica* A. Juss en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Azadirachta indica* A. Juss, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.78 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.77 ± 0 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 5).

Tabla 5: Rendimiento del modelo para *Azadirachta indica* A. Juss

<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	
AUC _{Training}	0.784
AUC _{Test}	0.636 ± 0.555
AUC _p	1.77 ± 0
p	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 168149 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Azadirachta indica* A. Juss (nicho potencial; Fig.9). Esta zona incluye, las provincias de, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro, Loja, Pichincha, Cotopaxi, con mayor índice de adecuación de la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano, el total de área que corresponde a zonas no adecuada fue de 129530 km² (no nicho; Fig.9).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 207860 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Azadirachta indica* A. Juss (nicho potencial; Fig.9). Esta zona incluye, las provincias de, Loja, El Oro, Pichincha, Imbabura, Carchi, Cotopaxi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano, el total de área que corresponde a zonas no adecuada es 129530 km² (no nicho; Fig.8).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 228128 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Azadirachta indica* A. Juss (nicho potencial; Fig.). Esta zona incluye, las provincias de, Loja, El Oro, Pichincha, Imbabura, Carchi, Cotopaxi, Bolívar. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 69551 km² (no nicho; Fig.8).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 220496 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Azadirachta indica* A. Juss (nicho potencial; Fig.9). Esta zona incluye, las provincias de, Loja, El Oro, Pichincha, Imbabura, Carchi, Cotopaxi, Bolívar. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue de 65932 km² (no nicho; Fig.8).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 287786 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Azadirachta indica* A. Juss (nicho potencial; Fig.9). Esta zona incluye, las provincias de, Loja, El Oro, Pichincha, Imbabura, Carchi, Cotopaxi, Bolívar, Napo, Pastaza, Morona Santiago, Orellana, Azuay, Cañar, Zamora Chinchipe, las provincias. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. La provincia que tuvo el menor índice es Sucumbíos. El total de área que corresponde a zonas no adecuada es 9893 km² (no nicho; Fig.8).

Azadirachta indica A. Juss

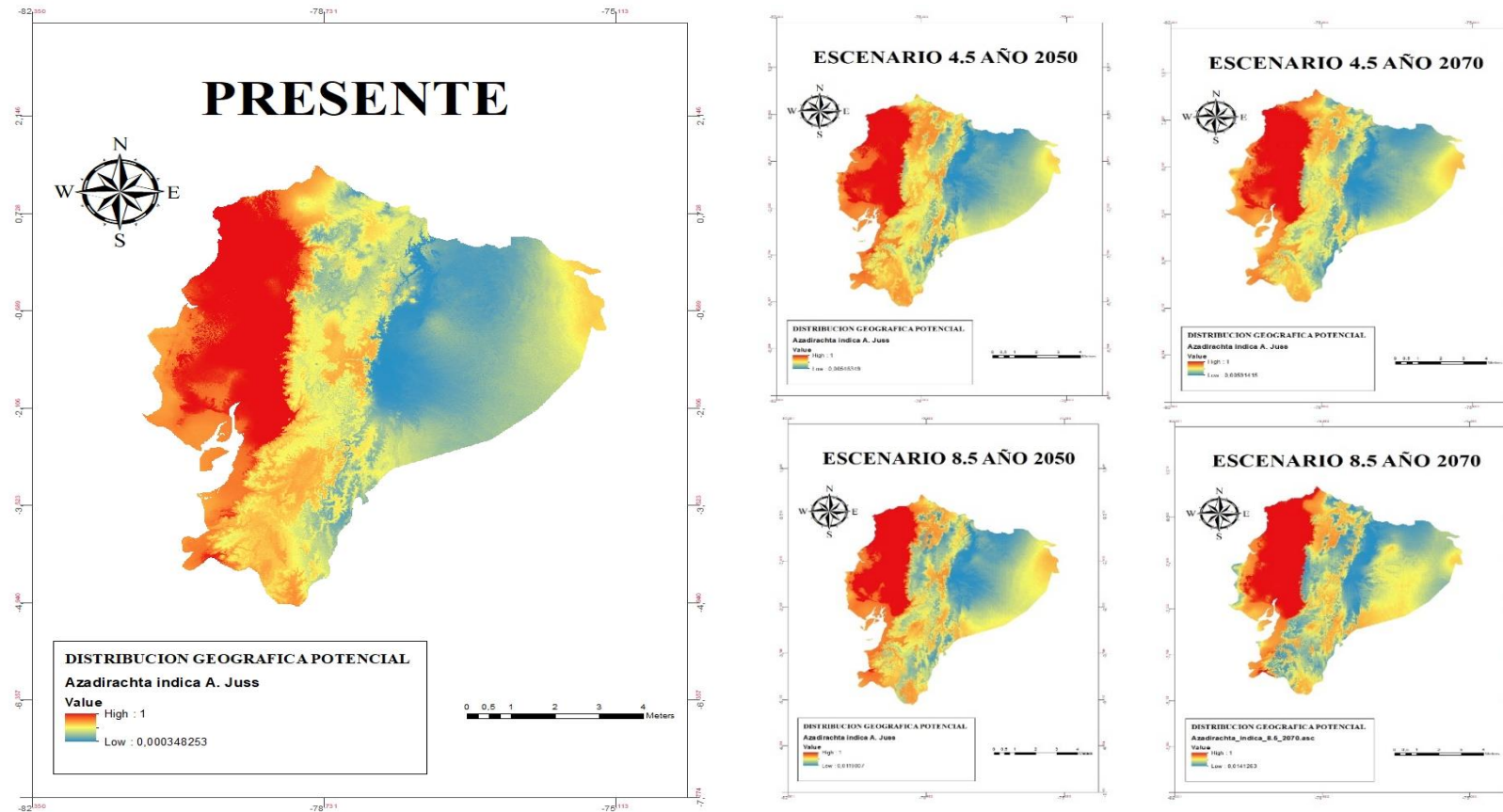


Figura 8: Distribución geográfica potencial de *Azadirachta indica A. Juss* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Azaradirachta indica* A. Juss obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Manabí cuenta con mayor extensión (22161 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Pastaza presenta la menor extensión (106 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig. 9; Tabla 6).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Manabí cuenta con mayor extensión (17926 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (597 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Manabí cuenta con mayor extensión (22162 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (3176 km²) (Fig. 9; Tabla 6).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Morona Santiago cuenta con mayor extensión (20204 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (584 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (32170 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3684 km²) (Fig. 9; Tabla 6).

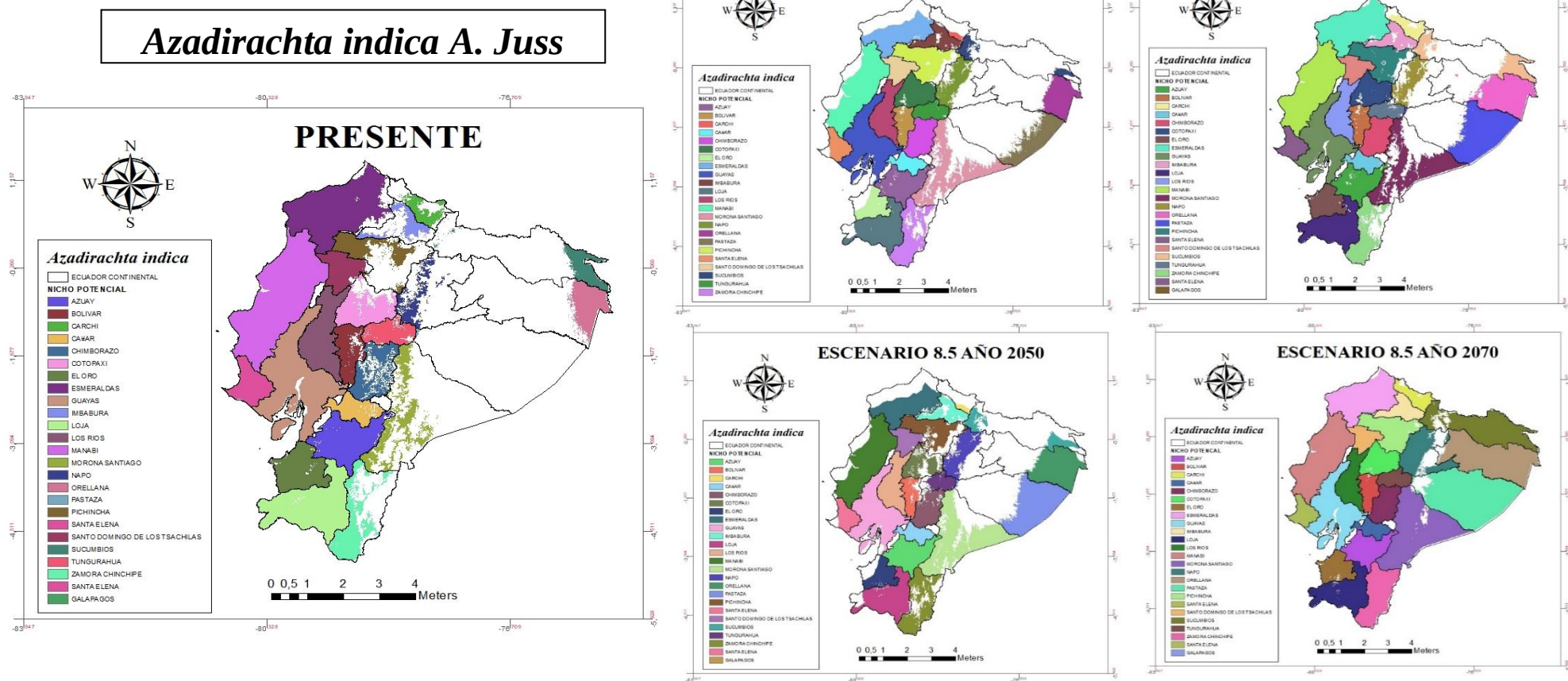


Figura 9: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Azadirachta indica* A. Juss, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 6 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Azdirachta indica* A. Juss, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 6: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Azdirachta indica* A. Juss, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	97.59	8997	2.41	222	97.87	9023	2.13	196	99.89	9209	0.11	10	97.17	8958	2.83	261	99.99	9218	0.01	1	9219
Bolivar	91.15	4160	8.85	404	96.03	4383	3.97	181	82.93	3785	17.07	779	95.00	4336	5.00	228	99.01	4519	0.99	45	4564
Cañar	95.96	3535	4.04	149	99.62	3670	0.38	14	100.00	3684	0.00	0	99.21	3655	0.79	29	100.00	3684	0.00	0	3684
Carchi	44.56	1967	55.44	2447	13.53	597	86.47	3817	13.23	584	86.77	3830	71.95	3176	28.05	1238	89.83	3965	10.17	449	4414
Cotopaxi	76.63	5518	23.37	1683	96.22	6929	3.78	272	70.06	5045	29.94	2156	96.94	6981	3.06	220	99.08	7135	0.92	66	7201
Chimborazo	74.07	5103	25.93	1786	99.93	6884	0.07	5	91.23	6285	8.77	604	99.99	6888	0.01	1	100.00	6889	0.00	0	6889
El Oro	97.90	6723	2.10	144	71.50	4910	28.50	1957	71.53	4912	28.47	1955	98.33	6752	1.67	115	97.20	6675	2.80	192	6867
Esmeraldas	88.63	16428	11.37	2108	58.35	10816	41.65	7720	57.56	10670	42.44	7866	96.59	17904	3.41	632	97.44	18062	2.56	474	18536
Guayas	95.07	17280	4.93	896	94.23	17127	5.77	1049	94.23	17127	5.77	1049	94.87	17244	5.13	932	95.07	17280	4.93	896	18176
Imbabura	43.97	2375	56.03	3026	88.74	4793	11.26	608	80.50	4348	19.50	1053	90.34	4879	9.66	522	99.35	5366	0.65	35	5401
Loja	98.89	12850	1.11	144	90.70	11785	9.30	1209	88.95	11558	11.05	1436	98.51	12801	1.49	193	98.65	12819	1.35	175	12994
Los Rios	99.99	8525	0.01	1	99.95	8522	0.05	4	100.00	8526	0.00	0	99.95	8522	0.05	4	100.00	8526	0.00	0	8526
Manabi	99.54	22161	0.46	103	80.52	17926	19.48	4338	80.52	17926	19.48	4338	99.54	22162	0.46	102	99.54	22161	0.46	103	22264
Morona Santiago	23.19	6512	76.81	21566	56.07	15743	43.93	12335	71.96	20204	28.04	7874	60.00	16847	40.00	11231	94.76	26608	5.24	1470	28078
Napo	19.74	2887	80.26	11739	41.86	6122	58.14	8504	45.72	6687	54.28	7939	36.30	5309	63.70	9317	72.50	10604	27.50	4022	14626
Pastaza	0.31	106	99.69	34427	26.18	9042	73.82	25491	47.59	16433	52.41	18100	51.68	17847	48.32	16686	93.16	32170	6.84	2363	34533
Pichincha	40.70	4503	59.30	6560	85.01	9405	14.99	1658	72.86	8060	27.14	3003	85.60	9470	14.40	1593	98.38	10884	1.62	179	11063
Tungurahua	91.64	3640	8.36	332	98.56	3915	1.44	57	77.92	3095	22.08	877	91.99	3654	8.01	318	99.92	3969	0.08	3	3972
Zamora Chinchipe	50.65	6265	49.35	6105	78.62	9725	21.38	2645	75.13	9294	24.87	3076	70.01	8660	29.99	3710	96.47	11933	3.53	437	12370
Sucumbios	14.99	3156	85.01	17899	14.02	2952	85.98	18103	20.81	4381	79.19	16674	32.09	6757	67.91	14298	90.58	19072	9.42	1983	21055
Orellana	18.54	4687	81.46	20600	30.56	7727	69.44	17560	49.02	12395	50.98	12892	54.64	13817	45.36	11470	96.20	24325	3.80	962	25287
Santo Domingo	93.19	4116	6.81	301	100.00	4417	0.00	0	96.45	4260	3.55	157	99.93	4414	0.07	3	100.00	4417	0.00	0	4417
Santa Elena	99.26	4289	0.74	32	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.00	4278	1.00	43	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Senecio vulgaris* L**

Mala hierba con tallos erectos, poco ramificados y algo succulentos. Hojas algodonosas alternas y divididas, las inferiores pecioladas, las superiores sentadas y abrazadoras. Flores tubulosas amarillas, agrupadas en capítulos con 8 ó 10 brácteas negruzcas (Fig.10). Es una planta tóxica que se debe emplearse únicamente bajo control farmacéutico. A dosis terapéutica provoca la menstruación y es tónica venosa, empleándose como sedante uterino. A dosis altas resulta hepatóxica (46). Planta nativa de Europa, Asia occidental y norte de África. Es una planta principalmente de zonas templadas a nivel mundial. Se ha dispersado a las regiones tropicales, pero esta es limitada a algunos países de África y Sudamérica. En la Flora de Norteamérica se encuentra un mapa de distribución (47).

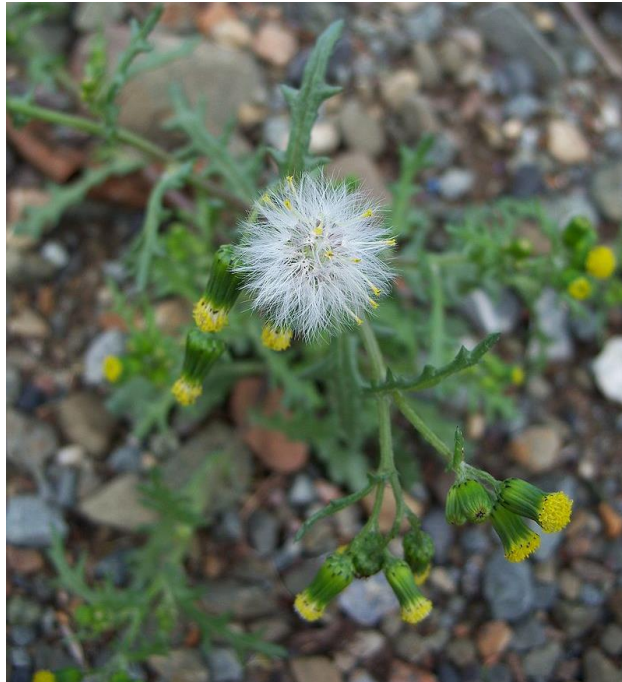


Figura 10: *Senecio vulgaris* L, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Senecio vulgaris L, se encuentra distribuida en Argelia, Australia, Austria, Canadá, República Democrática del Congo, China, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Japón, Mongolia, Macedonia, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Togo, Estados Unidos (Fig.11).

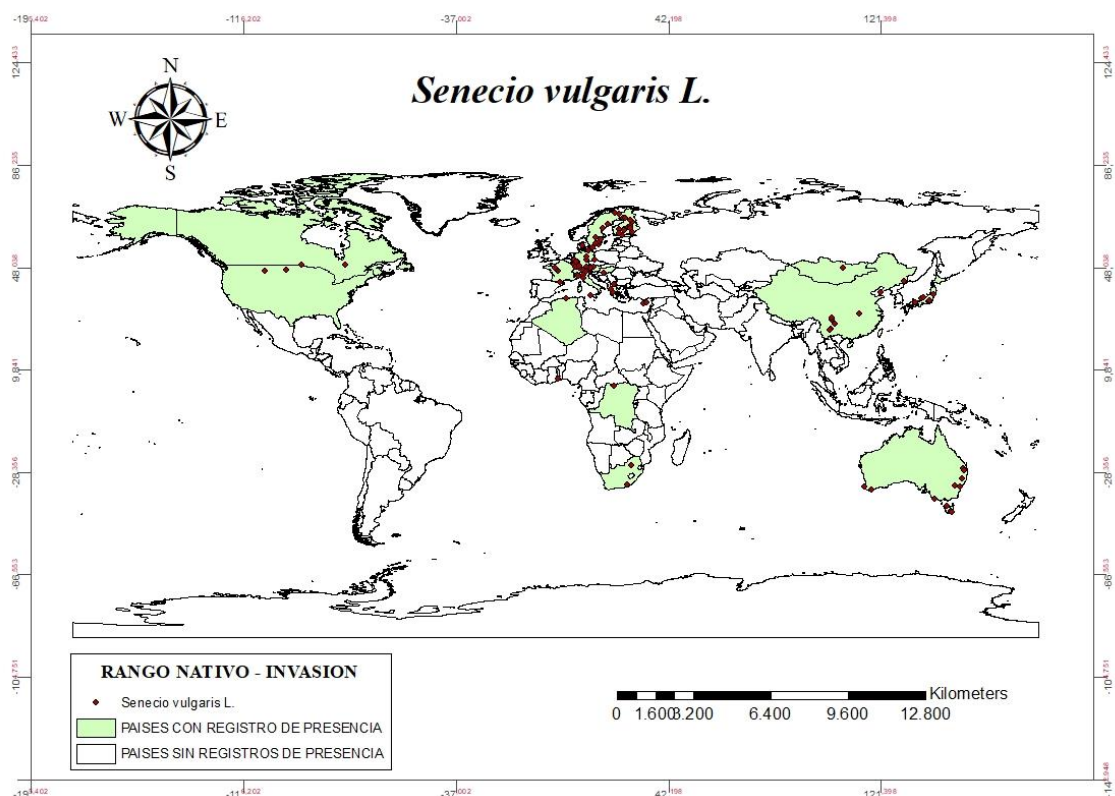


Figura 11: Registros de presencia de *Senecio vulgaris L.*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Senecio vulgaris L.*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.88 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.77 ± 1 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 7).

Tabla 7: Rendimiento del modelo para *Senecio vulgaris L.*

<i>Senecio vulgaris L.</i>	
AUC _{Training}	0.88
AUC _{Test}	0.830 ± 0.56
AUC _p	1.77 ± 1
P	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 287786 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Senecio vulgaris* L (nicho potencial; Fig.12). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Santa Elena, Pastaza, Orellana y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 128578 km² (no nicho; Fig.12).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 177714 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Senecio vulgaris* L (nicho potencial; Fig.). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí Y Zamora Chinchipe. Ccon mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Santa Elena, Pastaza, Orellana, Morona Santiago y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice son, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 108714 km² (no nicho; Fig.12).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 181703 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Senecio vulgaris* L (nicho potencial; Fig.14). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Santa Elena, Pastaza, Orellana y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 115976 km² (no nicho; Fig.12).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 193718 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Senecio vulgaris* L (nicho potencial; Fig.12). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí, Zamora Chinchipe, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Santa Elena, Pastaza, Orellana, Morona Santiago y Sucumbíos. Las

provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas. El total de área que corresponde a zonas no adecuada fue 92710 km² (no nicho; Fig.12).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 93670 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Senecio vulgaris* L (nicho potencial; Fig.12). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí, Zamora Chinchipe, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Santa Elena, Pastaza, Orellana, Morona Santiago y Sucumbíos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas. El total de área que corresponde a zonas no adecuada fue 20409 km² (no nicho; Fig.12).

Senecio vulgaris L

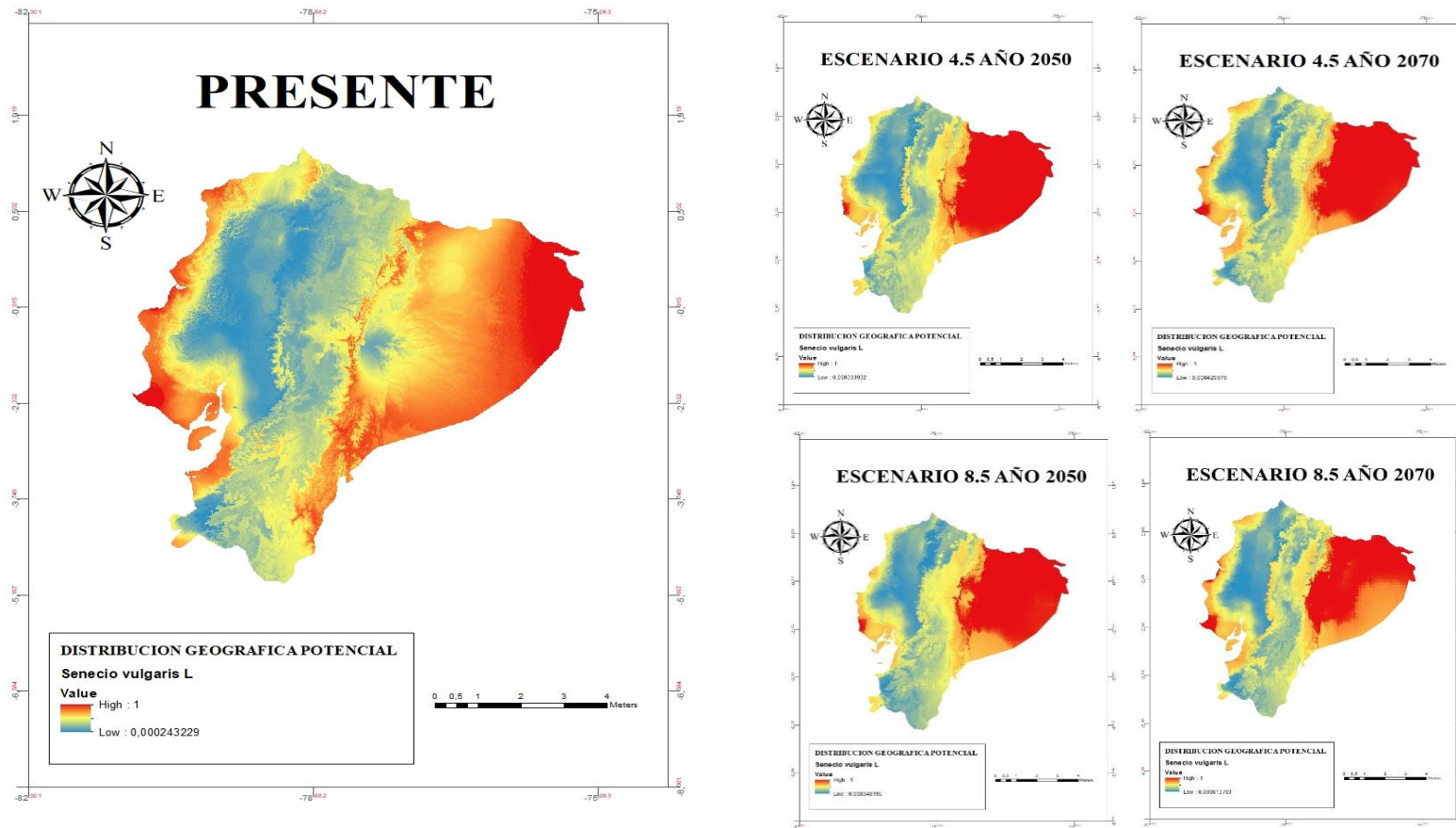


Figura 12: Distribución geográfica potencial de *Senecio vulgaris L* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Senecio vulgaris* L obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (30694 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Cotopaxi presenta la menor extensión (2 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.13; Tabla 8)

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Los Ríos presenta la menor extensión (10 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34097 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Los Ríos presenta la menor extensión (11 km²) (Fig.13; Tabla 8).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Santo Domingo presenta la menor extensión (5 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Santo Domingo presenta la menor extensión (400 km²) (Fig.13; Tabla 8).

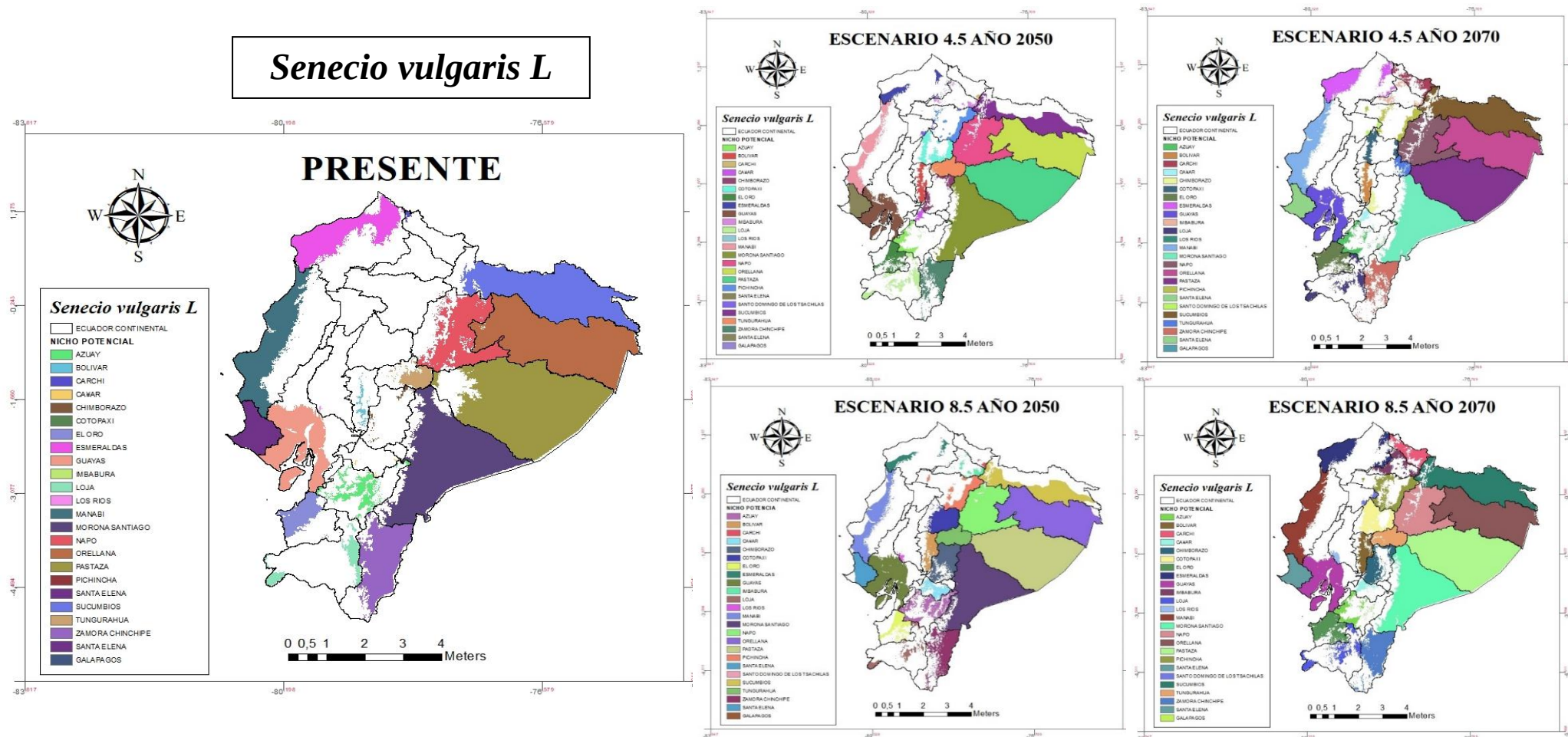


Figura 13: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Senecio vulgaris L*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 8 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Senecio vulgaris* L, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 8: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Senecio vulgaris* L, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	28.60	2637	71.40	6582	20.64	1903	79.36	7316	49.52	4565	50.48	4654	25.65	2365	74.35	6854	26.65	2457	73.35	6762	9219
Bolivar	9.75	445	90.25	4119	40.47	1847	59.53	2717	53.57	2445	46.43	2119	41.74	1905	58.26	2659	62.12	2835	37.88	1729	4564
Cañar	2.01	74	97.99	3610	13.36	492	86.64	3192	53.96	1988	46.04	1696	16.12	594	83.88	3090	23.48	865	76.52	2819	3684
Carchi	3.04	134	96.96	4280	3.24	143	96.76	4271	4.33	191	95.67	4223	45.22	1996	54.78	2418	70.05	3092	29.95	1322	4414
Cotopaxi	0.03	2	99.97	7199	43.54	3135	56.46	4066	65.34	4705	34.66	2496	27.84	2005	72.16	5196	63.88	4600	36.12	2601	7201
Chimborazo	3.90	269	96.10	6620	22.96	1582	77.04	5307	76.64	5280	23.36	1609	12.76	879	87.24	6010	56.45	3889	43.55	3000	6889
El Oro	43.77	3006	56.23	3861	42.45	2915	57.55	3952	34.54	2372	65.46	4495	69.46	4770	30.54	2097	74.75	5133	25.25	1734	6867
Esmeraldas	47.69	8839	52.31	9697	11.96	2216	88.04	16320	10.17	1885	89.83	16651	35.15	6516	64.85	12020	34.26	6351	65.74	12185	18536
Guayas	54.55	9915	45.45	8261	43.68	7940	56.32	10236	58.82	10691	41.18	7485	54.67	9937	45.33	8239	59.92	10891	40.08	7285	18176
Imbabura	0.04	2	99.96	5399	12.94	699	87.06	4702	16.03	866	83.97	4535	19.53	1055	80.47	4346	46.47	2510	53.53	2891	5401
Loja	14.81	1924	85.19	11070	24.32	3160	75.68	9834	13.94	1811	86.06	11183	24.17	3141	75.83	9853	28.18	3662	71.82	9332	12994
Los Rios	0.32	27	99.68	8499	0.12	10	99.88	8516	3.00	256	97.00	8270	0.13	11	99.87	8515	6.09	519	93.91	8007	8526
Manabi	48.62	10824	51.38	11440	28.40	6322	71.60	15942	33.30	7413	66.70	14851	44.71	9955	55.29	12309	48.49	10795	51.51	11469	22264
Morona Santiago	83.21	23365	16.79	4713	86.23	24212	13.77	3866	94.34	26490	5.66	1588	81.70	22940	18.30	5138	83.26	23378	16.74	4700	28078
Napo	65.61	9596	34.39	5030	95.75	14004	4.25	622	98.68	14433	1.32	193	88.61	12960	11.39	1666	94.30	13793	5.70	833	14626
Pastaza	88.88	30694	11.12	3839	100.00	34533	0.00	0	100.00	34533	0.00	0	98.74	34097	1.26	436	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	0.19	21	99.81	11042	22.83	2526	77.17	8537	30.33	3355	69.67	7708	20.70	2290	79.30	8773	40.64	4496	59.36	6567	11063
Tungurahua	43.68	1735	56.32	2237	94.79	3765	5.21	207	100.00	3972	0.00	0	36.68	1457	63.32	2515	96.55	3835	3.45	137	3972
Zamora Chinchipe	69.77	8631	30.23	3739	48.69	6023	51.31	6347	51.14	6326	48.86	6044	46.01	5692	53.99	6678	61.57	7616	38.43	4754	12370
Sucumbios	87.10	18338	12.90	2717	47.63	10029	52.37	11026	48.92	10300	51.08	10755	92.13	19398	7.87	1657	94.56	19909	5.44	1146	21055
Orellana	98.84	24994	1.16	293	98.29	24854	1.71	433	98.29	24854	1.71	433	99.04	25045	0.96	242	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	97.10	4289	2.90	128	5.14	227	94.86	4190	0.11	5	99.89	4412	6.38	282	93.62	4135	9.06	400	90.94	4017	4417
Santa Elena	99.26	4289	0.74	32	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Terminalia catappa L***

Terminalia catappa es una planta nativa de Asia que ha escapado de cultivo. Debido a su capacidad para hacer frente a un suelo arenoso y con buen drenaje, y el aerosol de sal se encuentra a menudo en las regiones costeras (Fig.14). Se considera invasor en Florida, Estados Unidos y varias islas del Caribe, Incluyendo Montserrat, Puerto Rico y las Islas Caimán. Sus Las semillas son altamente efervescentes, lo que permite dispersar grandes distancias. Sin embargo, son altamente comestibles por lo que son comidos por los murciélagos, cangrejos y los humanos. Sin embargo a pesar de su potencial como especie invasora. Se está considerando para múltiples aplicaciones. Debido a su extensa y la estructura de raíces profundas se considera una posible especie para usar como una especie de retención de dunas contra el cambio climático propuesto y aumento del nivel del mar, y en Brasil también se considera un potencial Cultivar para utilizar en la creación de biocombustibles (48).



Figura 14: *Terminalia catappa L*, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Terminalia catappa L, se encuentra distribuida en Argelia, Bolivia, Benin, Brasil, Burundi, Congo, Camerún, Colombia, Costa Rica, República Centroafricana, Cuba, Yibuti, República Dominicana, Guinea Ecuatorial, Gabón, Guinea, India, Kenya, Liberia, Libia, Madagascar, Mauritania, México, Mozambique, Nicaragua, Perú, Panamá, Sudáfrica, Trinidad y Tobago, Togo, Yemen (Fig.15)

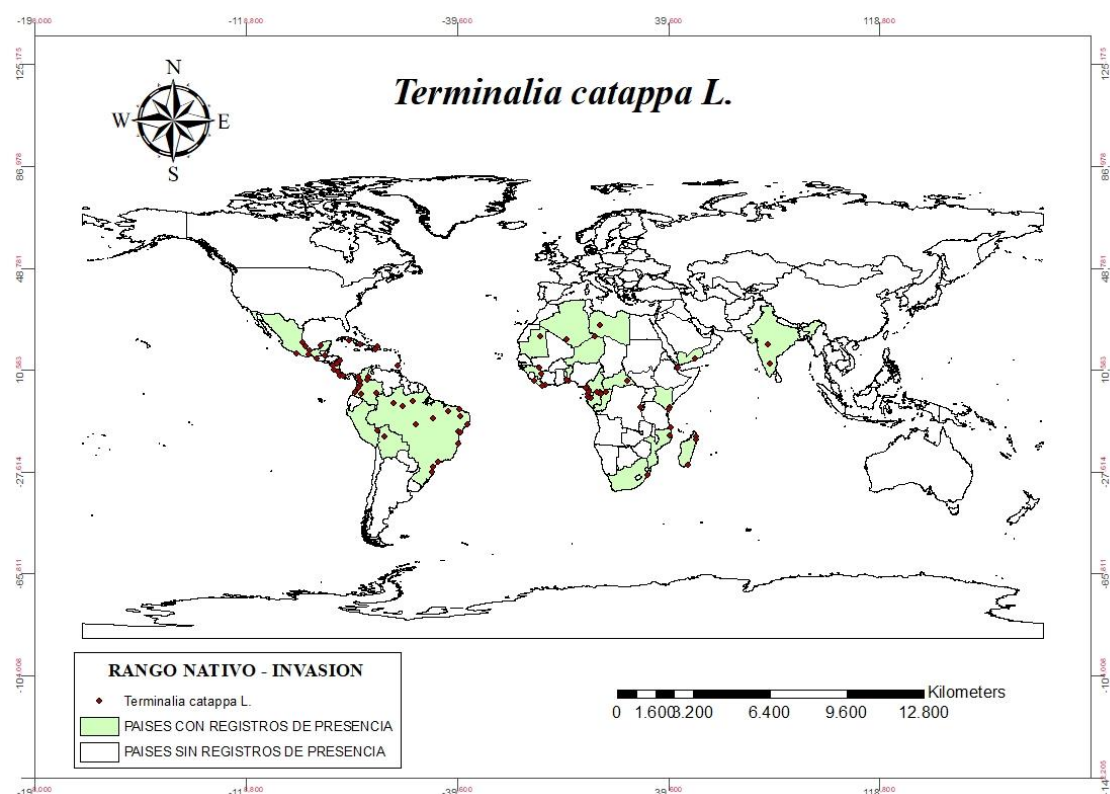


Figura 15: Registros de presencia *Terminalia catappa L* en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica de *Terminalia catappa L* obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.80 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.61 ± 0.34 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 10).

Tabla 9: Rendimiento del modelo para *Terminalia catappa L*

<i>Terminaliacatappa L</i>	
AUC _{Training}	0.802
AUC _{Test}	0.830 ± 0.056
AUC _p	1.61 ± 0.34
p	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 287786 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Terminalia catappa L* (nicho potencial; Fig.16). Esta zona incluye, las provincias de, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Manabí, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas,. Las provincias que tuvieron el menor índice son Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar y Santa Elena, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 19215 km² (no nicho; Fig.16).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 234463 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Terminalia catappa L* (nicho potencial; Fig.16). Esta zona incluye, las provincias de, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas y Guayas,. Las provincias que tuvieron el menor índice son Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar y Santa Elena, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 51965 km² (no nicho; Fig.16).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 253549 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Terminalia catappa L* (nicho potencial; Fig.16). Esta zona incluye, las provincias de, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas y Guayas, Las provincias que tuvieron el menor índice son Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar y Santa Elena, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 44130 km² (no nicho; Fig.16).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 242958 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Terminalia catappa L* (nicho potencial; Fig.16). Esta zona incluye, las provincias de, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los

Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas y Guayas, Las provincias que tuvieron el menor índice son Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar y Santa Elena, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 43470 km² (no nicho; Fig.16).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 253216 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Terminalia catappa* L (nicho potencial; Fig.18). Esta zona incluye, las provincias de, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago Y Zamora Chinchipe, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas y Guayas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar y Santa Elena, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 44463 km² (no nicho; Fig. 16).

Terminalia catappa L

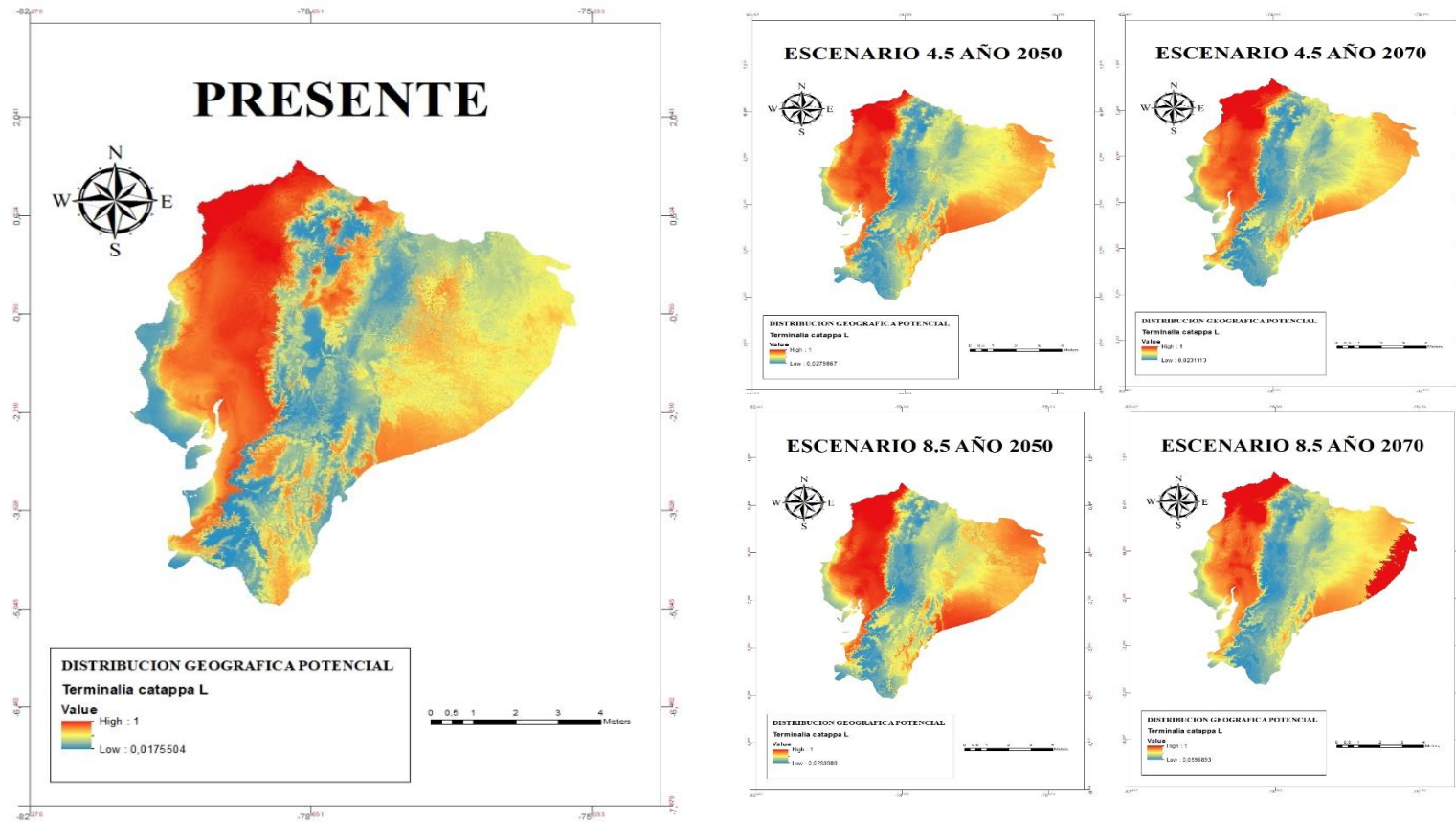


Figura 16: Distribución geográfica potencial de *Terminalia catappa, L* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Terminalia catappa* L obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34082 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Tungurahua presenta la menor extensión (2878 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.17; Tabla 10).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34531 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (390 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Chimborazo presenta la menor extensión (1128 km²) (Fig17; Tabla 10).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (312 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Chimborazo presenta la menor extensión (914 km²) (Fig. 17; Tabla 10).

Terminalia catappa L

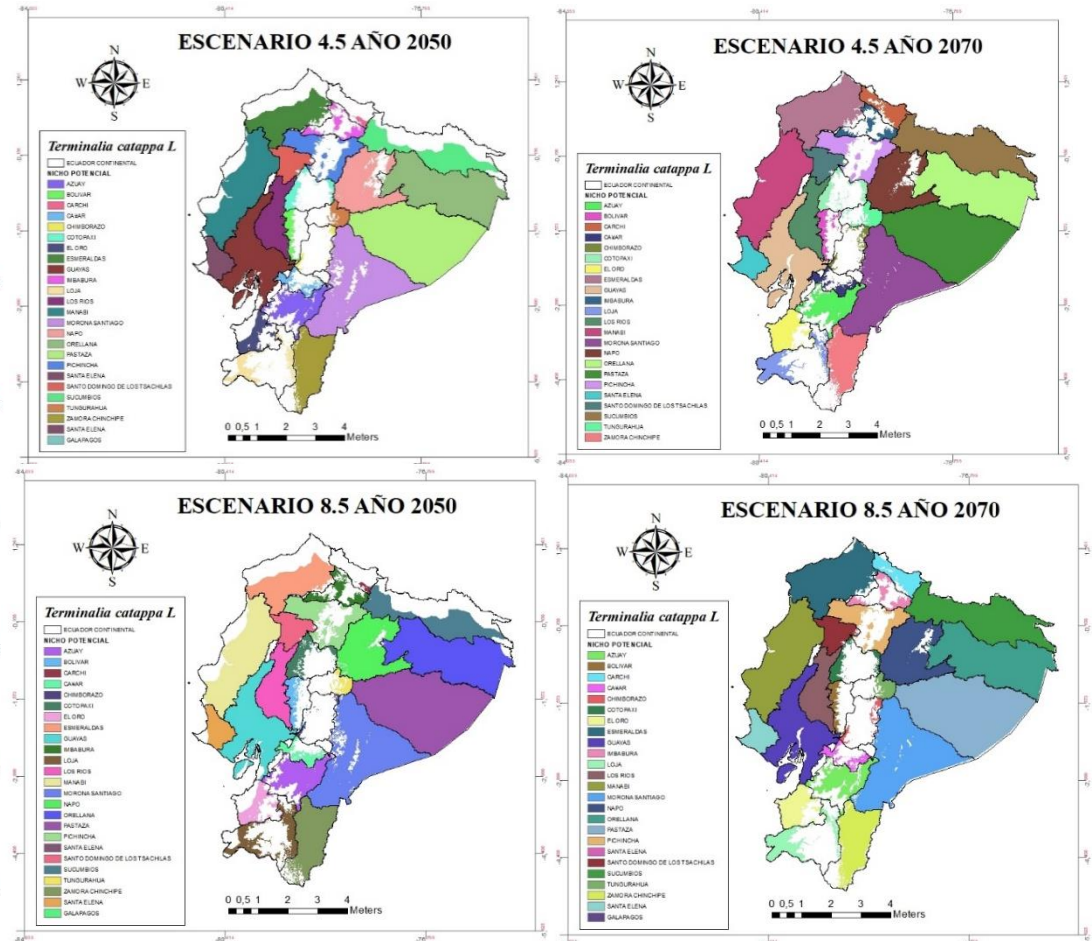
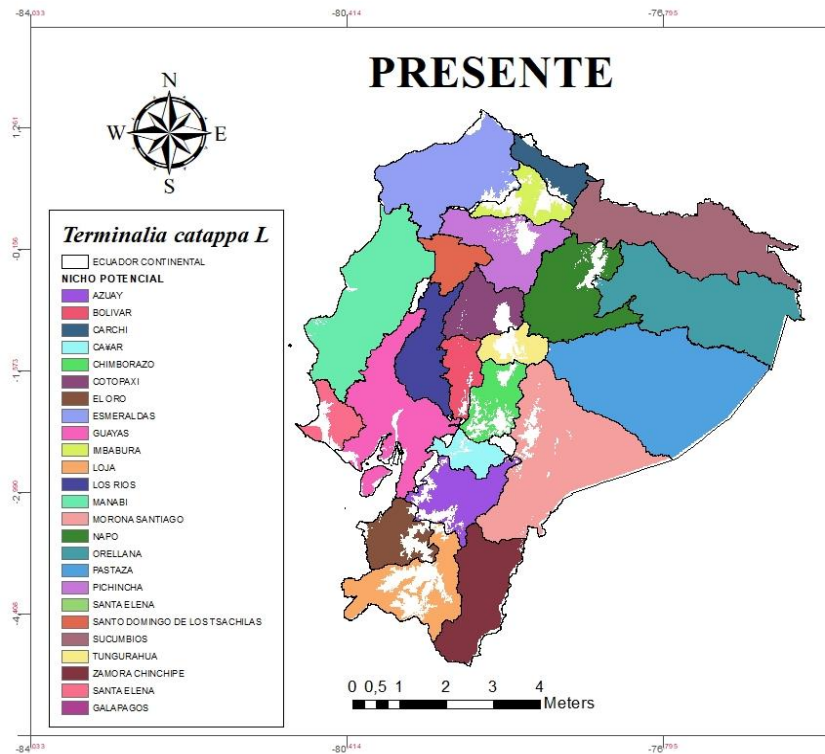


Figura 17: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Terminalia catappa* L, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 10 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Terminalia catappa*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 10: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Terminalia catappa*, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	84.20	7762	15.80	1457	71.05	6550	28.95	2669	75.94	7001	24.06	2218	74.04	6826	25.96	2393	65.60	6048	34.40	3171	9219
Bolivar	94.24	4301	5.76	263	40.16	1833	59.84	2731	48.69	2222	51.31	2342	42.18	1925	57.82	2639	36.26	1655	63.74	2909	4564
Cañar	94.44	3479	5.56	205	48.67	1793	51.33	1891	58.28	2147	41.72	1537	51.60	1901	48.40	1783	47.37	1745	52.63	1939	3684
Carchi	88.88	3923	11.12	491	8.84	390	91.16	4024	7.07	312	92.93	4102	81.51	3598	18.49	816	85.34	3767	14.66	647	4414
Cotopaxi	88.92	6403	11.08	798	29.36	2114	70.64	5087	42.31	3047	57.69	4154	35.01	2521	64.99	4680	28.15	2027	71.85	5174	7201
Chimborazo	72.84	5018	27.16	1871	9.41	648	90.59	6241	6.94	478	93.06	6411	16.37	1128	83.63	5761	13.27	914	86.73	5975	6889
El Oro	76.44	5249	23.56	1618	44.53	3058	55.47	3809	44.34	3045	55.66	3822	71.24	4892	28.76	1975	70.98	4874	29.02	1993	6867
Esmeraldas	94.31	17482	5.69	1054	55.28	10247	44.72	8289	56.64	10498	43.36	8038	93.96	17417	6.04	1119	93.73	17374	6.27	1162	18536
Guayas	92.70	16849	7.30	1327	94.22	17126	5.78	1050	94.23	17127	5.77	1049	95.07	17280	4.93	896	95.07	17280	4.93	896	18176
Imbabura	67.73	3658	32.27	1743	41.34	2233	58.66	3168	52.36	2828	47.64	2573	43.71	2361	56.29	3040	45.62	2464	54.38	2937	5401
Loja	70.12	9112	29.88	3882	25.57	3322	74.43	9672	40.55	5269	59.45	7725	37.87	4921	62.13	8073	37.12	4824	62.88	8170	12994
Los Rios	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	99.99	8525	0.01	1	99.94	8521	0.06	5	8526
Manabi	99.28	22103	0.72	161	80.52	17926	19.48	4338	80.52	17926	19.48	4338	99.54	22161	0.46	103	99.54	22161	0.46	103	22264
Morona Santiago	93.89	26363	6.11	1715	93.19	26167	6.81	1911	93.39	26221	6.61	1857	96.98	27231	3.02	847	95.99	26951	4.01	1127	28078
Napo	92.95	13595	7.05	1031	86.28	12619	13.72	2007	95.53	13972	4.47	654	89.65	13112	10.35	1514	94.33	13796	5.67	830	14626
Pastaza	98.69	34082	1.31	451	99.99	34531	0.01	2	100.00	34533	0.00	0	98.74	34099	1.26	434	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	89.51	9902	10.49	1161	58.26	6445	41.74	4618	68.34	7560	31.66	3503	58.18	6436	41.82	4627	58.74	6498	41.26	4565	11063
Tungurahua	72.46	2878	27.54	1094	41.34	1642	58.66	2330	31.12	1236	68.88	2736	48.19	1914	51.81	2058	42.98	1707	57.02	2265	3972
Zamora Chinchipe	96.18	11897	3.82	473	83.12	10282	16.88	2088	90.11	11147	9.89	1223	71.38	8830	28.62	3540	79.83	9875	20.17	2495	12370
Sucumbios	98.17	20670	1.83	385	51.14	10768	48.86	10287	51.26	10793	48.74	10262	98.23	20682	1.77	373	98.24	20684	1.76	371	21055
Orellana	98.69	24956	1.31	331	96.97	24520	3.03	767	98.04	24791	1.96	496	97.95	24769	2.05	518	98.44	24892	1.56	395	25287
Santo Domingo	100.00	4417	0.00	0	96.72	4272	3.28	145	98.28	4341	1.72	76	96.31	4254	3.69	163	96.67	4270	3.33	147	4417
Santa Elena	76.88	3322	23.12	999	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Leucaena leucocephala***

Nativa. Cultivada. Introducida. Se introdujo en los trópicos de Asia y Africa como cultígeno superior. Se han desarrollado más de 100 variedades para diferentes condiciones de clima, suelo y usos clasificadas en 3 tipos: hawaiano, salvadoreño y peruano. Prospera en ambientes adversos (Fig.18). Se adapta muy bien a las tierras bajas, crece desde sitios secos con 350 mm/año hasta húmedos con 2,300 mm/año y temperatura media anual de 22 a 30 °C. Es necesario un período seco de 4 a 6 meses. Crece en una amplia variedad de suelos, desde neutros, hasta alcalinos, siempre y cuando sean suelos bien drenados, no compactados ni ácidos (49). Los mejores resultados se obtienen en suelos con pH de 6.5 a 7.5. Suelos inferiores a 5.5 pH no son recomendables, particularmente cuando el suelo está asociado con aluminio altamente intercambiable y hay limitaciones en la disponibilidad de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo. Su mejor y más rápido crecimiento ocurre en un suelo arcilloso, y de buena profundidad. Los suelos mal drenados limitan el desarrollo de micorrizas y Rhizobium provocando un crecimiento deficiente de los árboles (50).

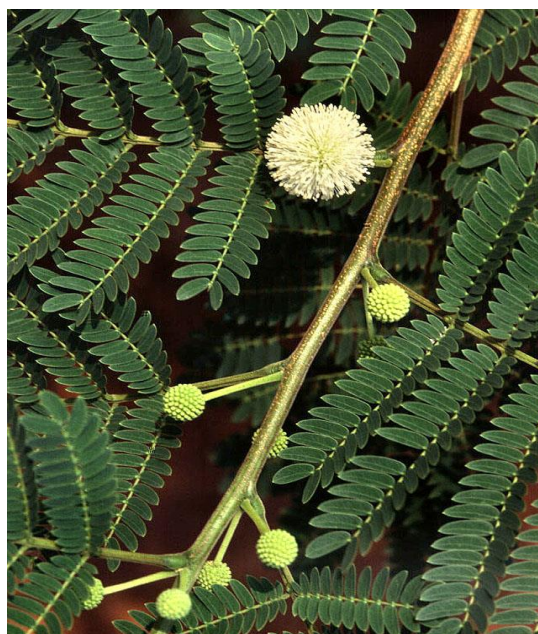


Figura 18: *Leucaena leucocephala*, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Leucaena leucocephala, se encuentra distribuida en Argentina, Australia, Belice, Bolivia, Benín, Brasil, China, Camerún, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Egipto, El Salvador, Ghana, Grecia, Honduras, Madagascar, México,

Nicaragua, Paraguay, Portugal, Nueva Guinea, Filipinas, Puerto Rico, Senegal, España, Tailandia, Tanzania, Estados Unidos, Venezuela, Indonesia (Fig.19).

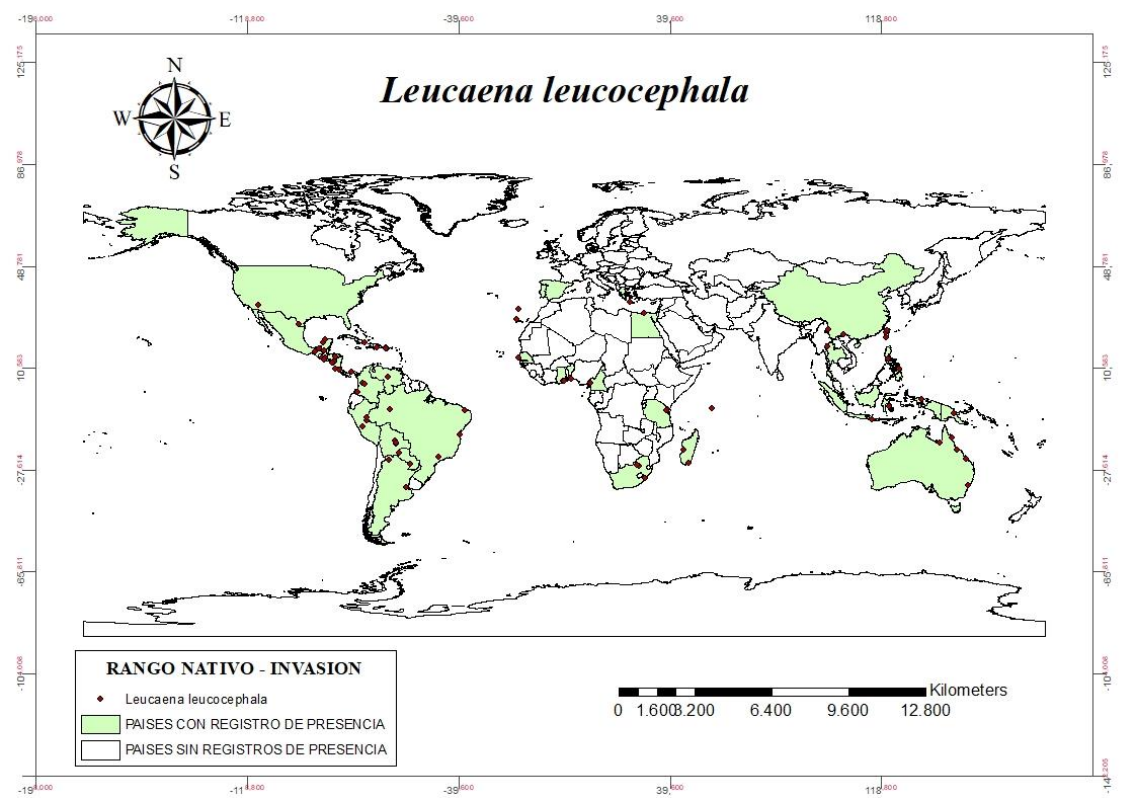


Figura 19: Registros de presencia de *Leucaena leucocephala*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Leucaena leucocephala*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.80 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.44 ± 0.28 Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 11).

Tabla 11: Rendimiento del modelo para *Leucaena leucocephala*

<i>Leucaena leucocephala</i>	
AUC _{Training}	0.803
AUC _{Test}	0.629 ± 0.094
AUC _p	1.44 ± 0.28
p	0.0440

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 280637 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Leucaena leucocephala* (nicho potencial; Fig.20). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas, Santa Elena, Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 17042 km² (no nicho; Fig.20).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 282976 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Leucaena leucocephala* (nicho potencial; Fig.20). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas, Santa Elena, Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Morona Santiago y Zamora Chinchipe. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 3452 km² (no nicho; Fig.20).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 293357 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Leucaena leucocephala* (nicho potencial; Fig.23). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas, Santa Elena, Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Morona Santiago y Zamora Chinchipe. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 4322 km² (no nicho; Fig.20).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 283362 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Leucaena leucocephala* (nicho potencial; Fig.20). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, y Carchi. Con mayor índice de adecuación la

especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas, Santa Elena, Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Morona Santiago y Zamora Chinchipe. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 3066 km² (no nicho; Fig.20).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 297480 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Leucaena leucocephala* (nicho potencial; Fig.20). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, y Carchi. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Guayas, Santa Elena, Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Morona Santiago y Zamora Chinchipe. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 199 km² (no nicho; Fig.20).

Leucaena leucocephala

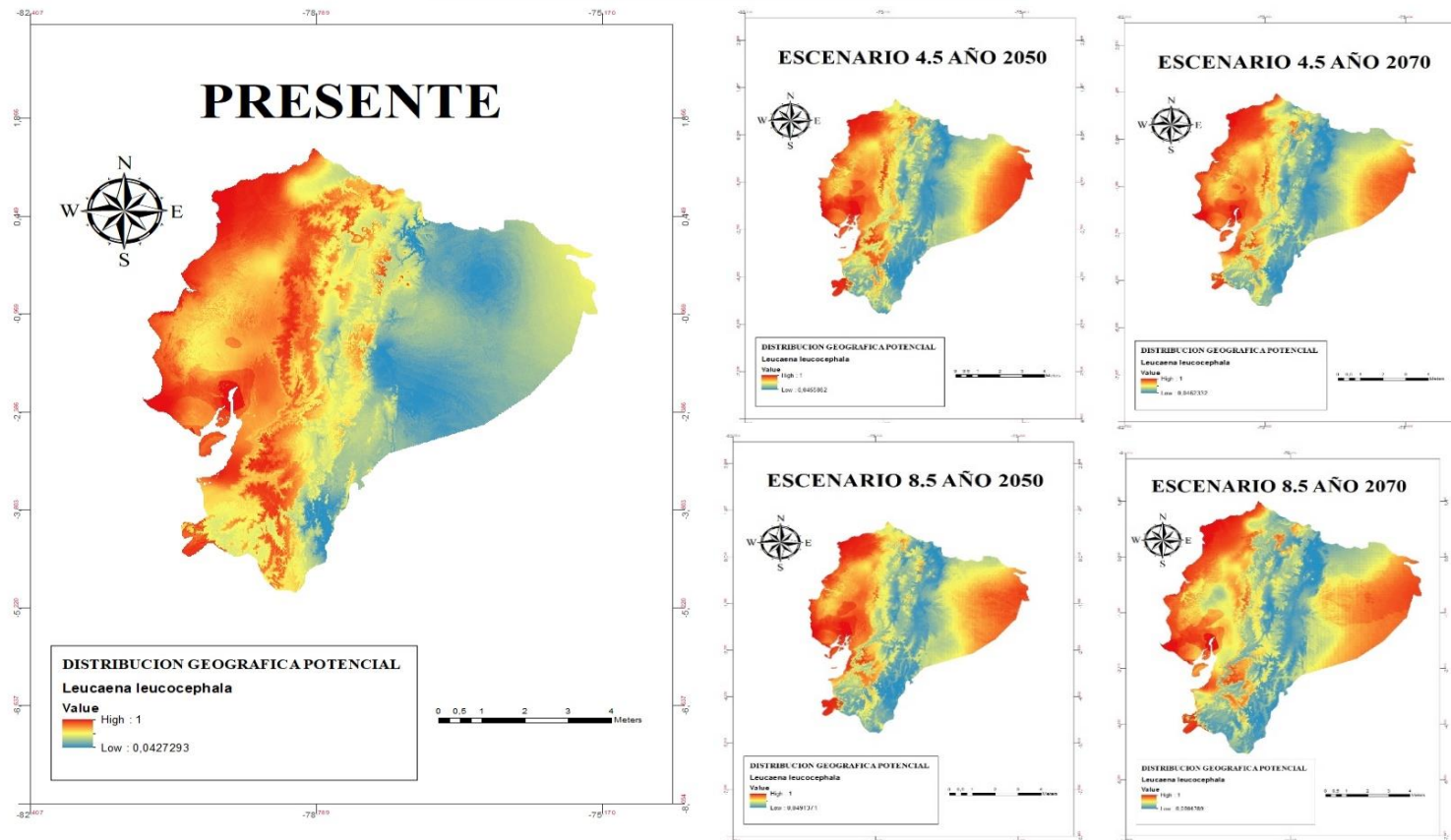


Figura 20: Distribución geográfica potencial de *Leucaena leucocephala* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Leucaena leucocephala* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (35533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3684 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.21; Tabla 12)

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34496 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (33478 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3684 km²) (Fig.21; Tabla 12).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3684 km²) (Fig.21; Tabla 12).

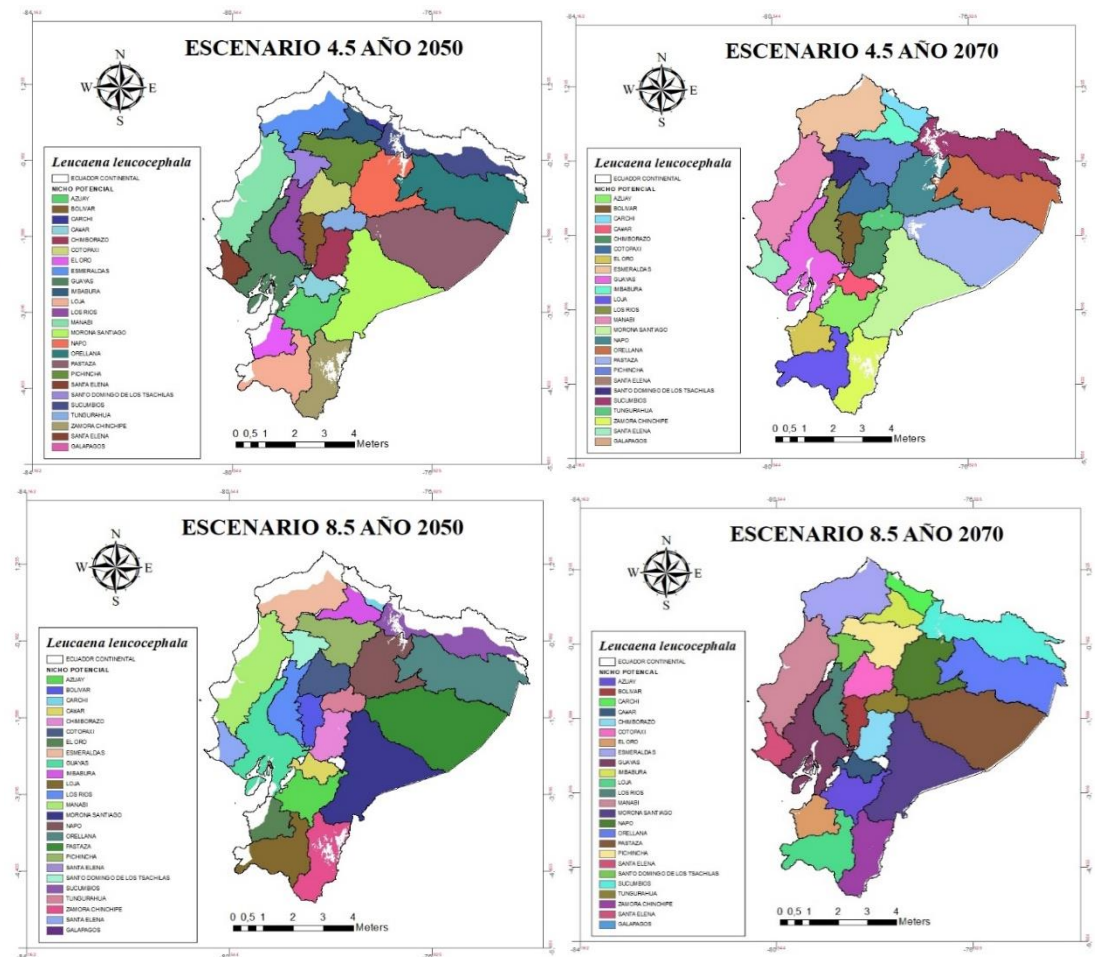
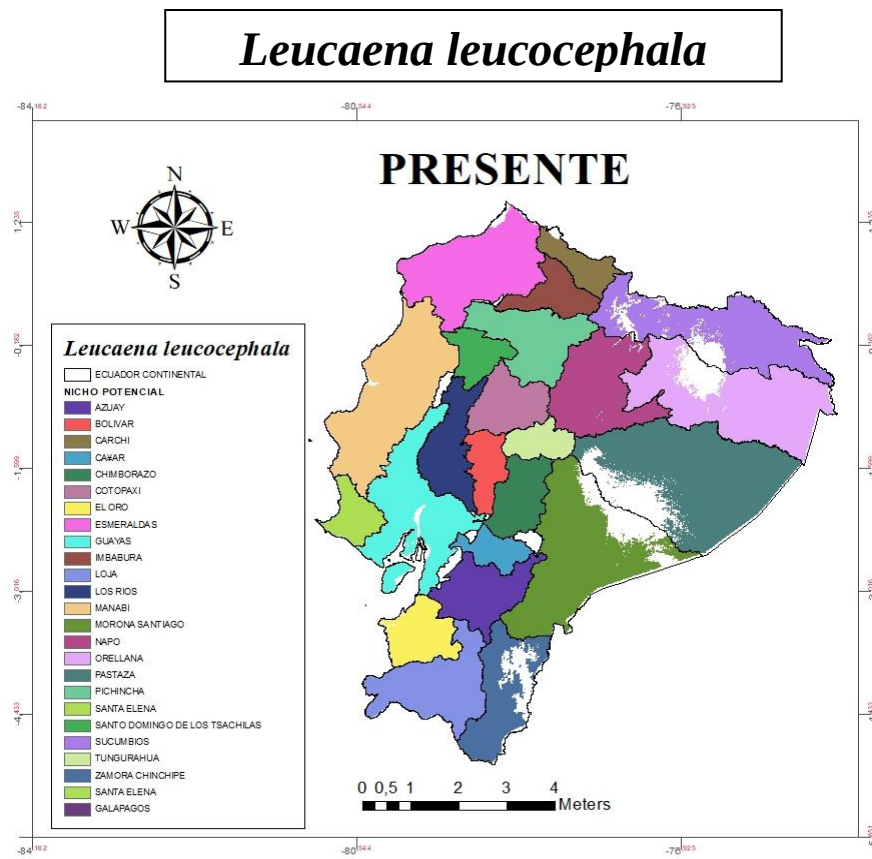


Figura 21: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Leucaena leucocephala*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 12 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Leucaena leucocephala*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 12: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Leucaena leucocephala* para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	99.99	9218	0.01	1	99.86	9206	0.14	13	100.00	9219	0.00	0	9219
Bolivar	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	4564
Cañar	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	3684
Carchi	100.00	4414	0.00	0	14.05	620	85.95	3794	14.05	620	85.95	3794	94.65	4178	5.35	236	94.68	4179	5.32	235	4414
Cotopaxi	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	7201
Chimborazo	100.00	6889	0.00	0	100.00	6889	0.00	0	99.85	6879	0.15	10	100.00	6889	0.00	0	100.00	6889	0.00	0	6889
El Oro	100.00	6867	0.00	0	72.14	4954	27.86	1913	72.14	4954	27.86	1913	98.73	6780	1.27	87	98.73	6780	1.27	87	6867
Esmeraldas	100.00	18536	0.00	0	58.86	10910	41.14	7626	58.86	10910	41.14	7626	97.45	18063	2.55	473	97.45	18063	2.55	473	18536
Guayas	100.00	18176	0.00	0	94.23	17127	5.77	1049	94.23	17127	5.77	1049	95.07	17280	4.93	896	95.07	17280	4.93	896	18176
Imbabura	100.00	5401	0.00	0	97.02	5240	2.98	161	96.93	5235	3.07	166	99.87	5394	0.13	7	100.00	5401	0.00	0	5401
Loja	100.00	12994	0.00	0	90.99	11823	9.01	1171	90.99	11823	9.01	1171	99.26	12898	0.74	96	99.28	12900	0.72	94	12994
Los Rios	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	8526
Manabi	100.00	22264	0.00	0	80.52	17926	19.48	4338	80.52	17926	19.48	4338	99.54	22161	0.46	103	99.54	22161	0.46	103	22264
Morona Santiago	100.00	28078	0.00	0	100.00	28078	0.00	0	100.00	28078	0.00	0	97.78	27456	2.22	622	97.81	27464	2.19	614	28078
Napo	100.00	14626	0.00	0	96.01	14043	3.99	583	97.53	14265	2.47	361	93.76	13714	6.24	912	99.76	14591	0.24	35	14626
Pastaza	100.00	34533	0.00	0	99.89	34496	0.11	37	100.00	34533	0.00	0	96.94	33478	3.06	1055	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	11063
Tungurahua	100.00	3972	0.00	0	100.00	3972	0.00	0	100.00	3972	0.00	0	99.72	3961	0.28	11	100.00	3972	0.00	0	3972
Zamora Chinchipe	100.00	12370	0.00	0	87.84	10866	12.16	1504	87.70	10848	12.30	1522	86.81	10739	13.19	1631	96.41	11926	3.59	444	12370
Sucumbios	100.00	21055	0.00	0	47.76	10055	52.24	11000	47.70	10043	52.30	11012	91.76	19321	8.24	1734	97.50	20529	2.50	526	21055
Orellana	100.00	25287	0.00	0	98.06	24797	1.94	490	98.29	24854	1.71	433	98.38	24877	1.62	410	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	4417
Santa Elena	100.00	4321	0.00	0	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Setaria palmifolia***

Otros nombres comunes incluyen Highland Pitpit; la hierba de hoja perenne del este de Asia gana su nombre de palma Hierba de la semejanza del follaje a frondas de palma juvenil; el lanceolado largo en forma de lanza Las hojas son plisadas, muy escabrosas en los pliegues, en los tallos largos se arquean desde su base para formar un montículo, con esbeltas colas cilíndricas de color verde claro a cremosas panículas cilíndricas blancas que se arquean (Fig.22). Vigoroso hasta cierto punto de falta, sembrando libremente donde hay suficiente humedad disponible; el crecimiento es rápido en sitios húmedos y fértiles, mucho más lento en sitios más secos; el follaje permanece denso al sol o a la sombra; esta especie puede convertirse en maleza bajo circunstancias favorables; Se considera que es una maleza nociva en algunos Regiones tropicales, donde otros miembros del género *Setaria* P. Beauv. Son conocidos como las hierbas de cerdas (51).



Figura 22: *Setaria palmifolia*, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Setaria palmifolia, se encuentra distribuida en Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Guinea, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Panamá, Estados Unidos (Fig.23).

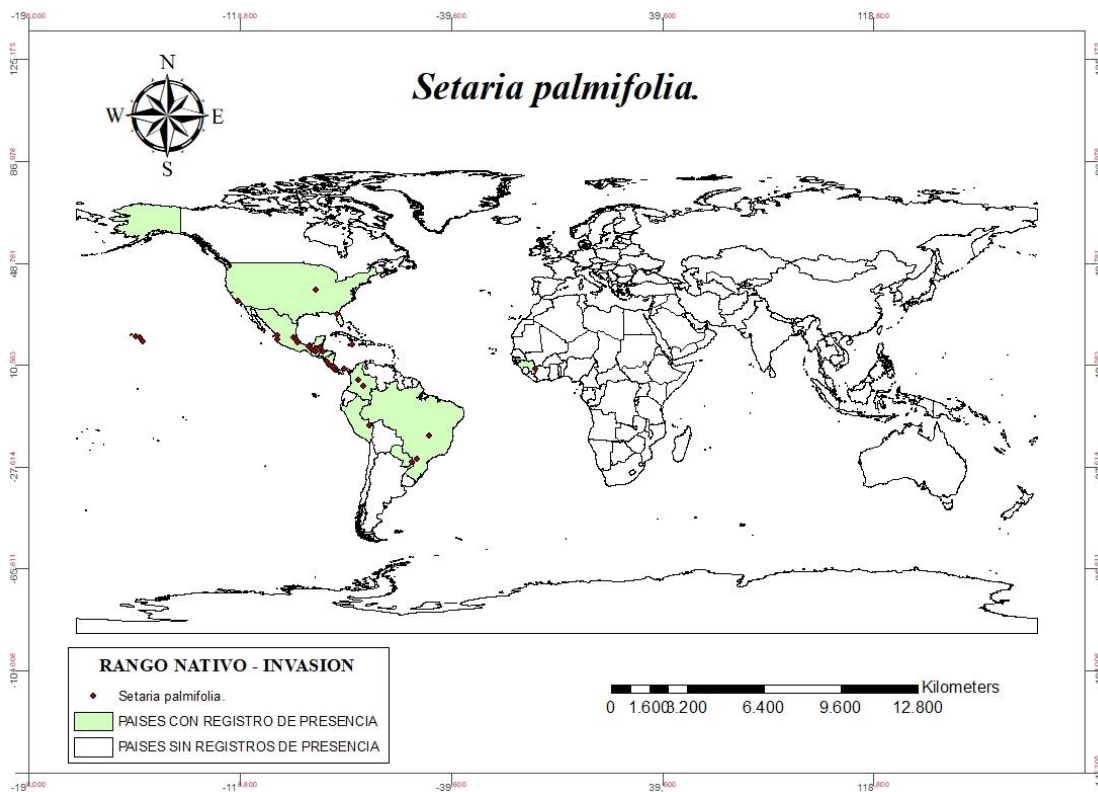


Figura 23: Registros de presencia de *Setaria palmifolia*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Setaria palmifolia*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.948 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.9 ± 0.1 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 13).

Tabla 13: Rendimiento del modelo para *Setaria palmifolia*

<i>Setaria palmifolia</i>	
AUC _{Training}	0.948
AUC _{Test}	0.802 ± 0.096
AUC _p	1.9 ± 0.1
p	0.010

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 181086 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Setaria palmifolia* (nicho potencial; Fig.24). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 116593 km² (no nicho; Fig.24).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 57971 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Setaria palmifolia* (nicho potencial; Fig.24). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 228457 km² (no nicho; Fig.24).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 74315 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Setaria palmifolia* (nicho potencial; Fig.24). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 223364 km² (no nicho; Fig.24).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 51038 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Setaria palmifolia* (nicho potencial; Fig.24). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Santa Elena. Con mayor

índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 235390 km² (no nicho; Fig.24).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 66309 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Setaria palmifolia* (nicho potencial; Fig.24). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Santa Elena. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Manabí. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 231280 km² (no nicho; Fig.24).

Setaria palmifolia

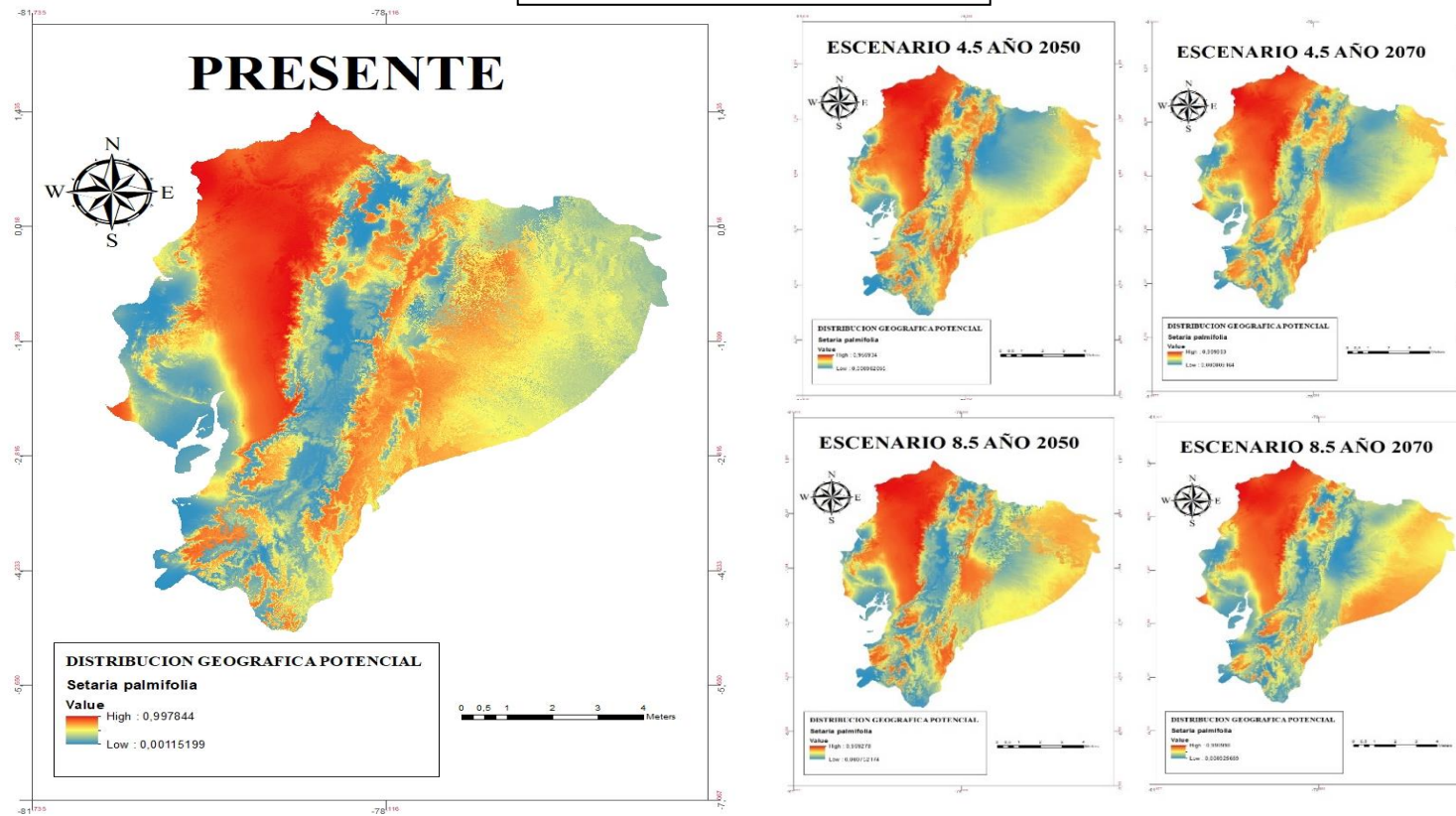


Figura 24: Distribución geográfica potencial de *Setaria palmifolia* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Setaria palmifolia* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (25368 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Tungurahua presenta la menor extensión (326 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.25; Tabla 14).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Esmeraldas cuenta con mayor extensión (10870 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Orellana presenta la menor extensión (3 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Esmeraldas cuenta con mayor extensión (18007 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Orellana presenta la menor extensión (0 km²) (Fig.25; Tabla 14).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de El Oro cuenta con mayor extensión (10853 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Santa Elena y Santo Domingo no presentan extensión. Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Esmeraldas cuenta con mayor extensión (18021 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Pichincha, Morona Santiago, Tungurahua, Pastaza y Orellana no presentan extensión (Fig.25; Tabla 14).

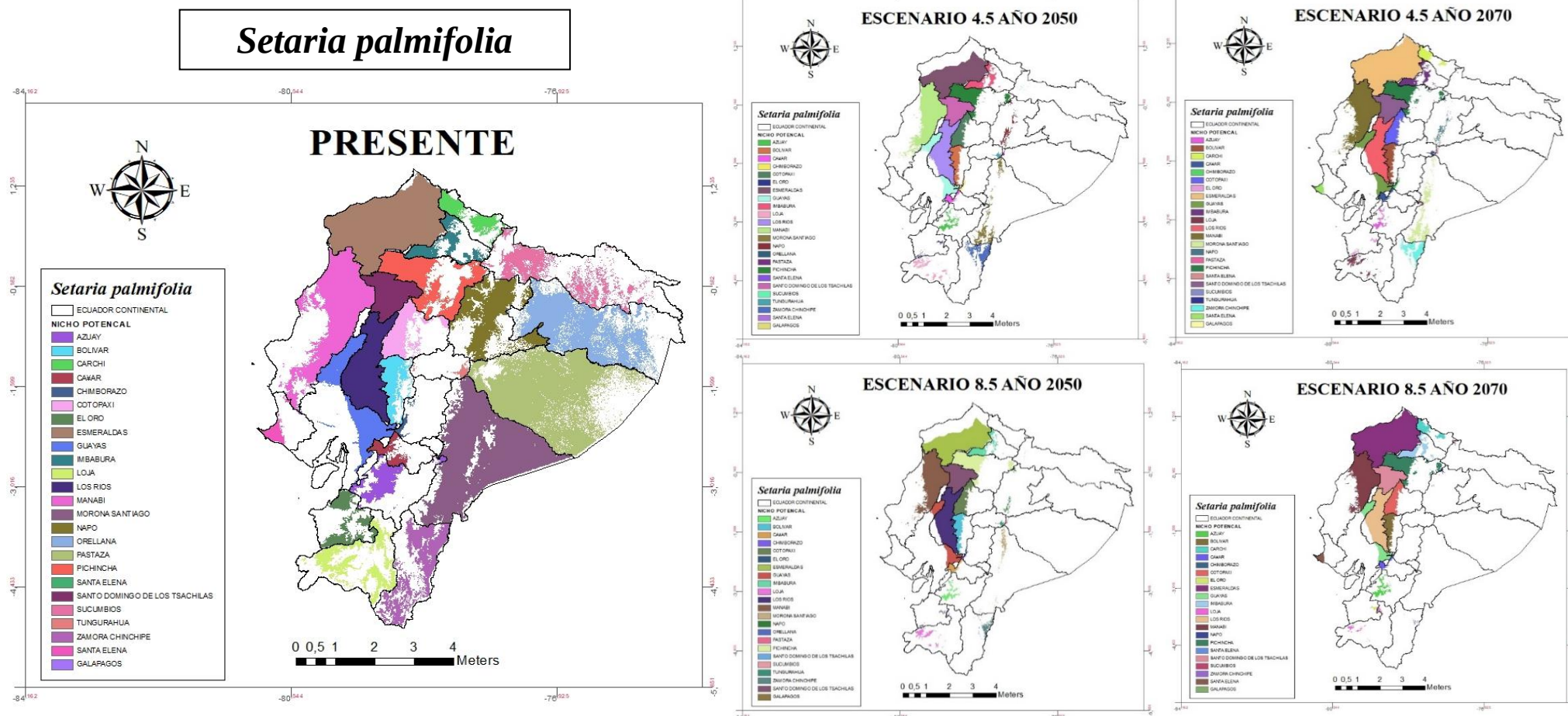


Figura 25: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Setaria palmifolia*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 14 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Setaria palmifolia*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 14: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Setaria palmifolia* para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	32.50	2996	67.50	6223	10.15	936	89.85	8283	7.25	668	92.75	8551	7.32	675	92.68	8544	10.25	945	89.75	8274	9219
Bolivar	68.38	3121	31.62	1443	49.19	2245	50.81	2319	46.25	2111	53.75	2453	49.45	2257	50.55	2307	48.07	2194	51.93	2370	4564
Cañar	37.38	1377	62.62	2307	16.59	611	83.41	3073	15.80	582	84.20	3102	16.78	618	83.22	3066	13.06	481	86.94	3203	3684
Carchi	57.41	2534	42.59	1880	13.84	611	86.16	3803	58.04	2562	41.96	1852	29.20	1289	70.80	3125	32.03	1414	67.97	3000	4414
Cotopaxi	51.31	3695	48.69	3506	36.70	2643	63.30	4558	2.37	171	97.63	7030	37.02	2666	62.98	4535	37.38	2692	62.62	4509	7201
Chimborazo	6.07	418	93.93	6471	3.44	237	96.56	6652	1.81	125	98.19	6764	3.30	227	96.70	6662	1.89	130	98.11	6759	6889
El Oro	40.15	2757	59.85	4110	2.68	184	97.32	6683	158.05	10853	-58.05	-3986	4.03	277	95.97	6590	2.29	157	97.71	6710	6867
Esmeraldas	97.27	18030	2.73	506	58.64	10870	41.36	7666	12.83	2378	87.17	16158	97.15	18007	2.85	529	97.22	18021	2.78	515	18536
Guayas	36.12	6566	63.88	11610	17.54	3188	82.46	14988	8.76	1592	91.24	16584	17.26	3138	82.74	15038	12.78	2323	87.22	15853	18176
Imbabura	52.05	2811	47.95	2590	37.49	2025	62.51	3376	12.89	696	87.11	4705	36.53	1973	63.47	3428	41.07	2218	58.93	3183	5401
Loja	36.88	4792	63.12	8202	7.78	1011	92.22	11983	55.62	7227	44.38	5767	6.53	849	93.47	12145	2.73	355	97.27	12639	12994
Los Rios	99.99	8525	0.01	1	88.55	7550	11.45	976	98.35	8385	1.65	141	87.99	7502	12.01	1024	85.49	7289	14.51	1237	8526
Manabi	61.68	13732	38.32	8532	42.14	9381	57.86	12883	3.30	734	96.70	21530	44.81	9976	55.19	12288	38.87	8654	61.13	13610	22264
Morona Santiago	82.89	23273	17.11	4805	6.52	1830	93.48	26248	0.97	272	99.03	27806	10.49	2944	89.51	25134	0.00	0	100.00	28078	28078
Napo	58.53	8560	41.47	6066	4.94	722	95.06	13904	0.33	48	99.67	14578	4.12	602	95.88	14024	0.92	135	99.08	14491	14626
Pastaza	73.46	25368	26.54	9165	0.24	84	99.76	34449	12.05	4161	87.95	30372	0.17	58	99.83	34475	0.00	0	100.00	34533	34533
Pichincha	67.08	7421	32.92	3642	39.16	4332	60.84	6731	1.00	111	99.00	10952	38.84	4297	61.16	6766	0.00	0	100.00	11063	11063
Tungurahua	8.21	326	91.79	3646	3.40	135	96.60	3837	15.23	605	84.77	3367	3.47	138	96.53	3834	0.00	0	100.00	3972	3972
Zamora Chinchipe	52.43	6486	47.57	5884	15.23	1884	84.77	10486	0.07	9	99.93	12361	14.66	1814	85.34	10556	0.44	55	99.56	12315	12370
Sucumbios	32.47	6837	67.53	14218	0.10	21	99.90	21034	0.01	2	99.99	21053	0.08	16	99.92	21039	0.22	47	99.78	21008	21055
Orellana	62.76	15869	37.24	9418	0.01	3	99.99	25284	17.44	4410	82.56	20877	0.00	0	100.00	25287	0.00	0	100.00	25287	25287
Santo Domingo	99.98	4416	0.02	1	99.89	4412	0.11	5	0.00	0	100.00	4417	99.84	4410	0.16	7	99.93	4414	0.07	3	4417
Santa Elena	21.96	949	78.04	3372	0.12	5	99.88	4316	0.00	0	100.00	4321	11.73	507	88.27	3814	10.83	468	89.17	3853	4321

- ***Festuca arundinacea***

Es una gramínea perenne que se adapta muy bien a suelos de baja aptitud agrícola, cuyo rol en los sistemas ganaderos del país puede ser importante en la medida en que se demuestre su capacidad para producir forraje de alta calidad. No obstante, esta especie rústica de excelentes características productivas, disminuye drásticamente su calidad nutritiva en primavera avanzada y verano (Fig.26). La caída continua de calidad entre hojas sucesivas del rebrote se debe a la pérdida de digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN) con el incremento del largo foliar. Se demostró que el aumento de la frecuencia de defoliación y la disminución de la altura de la pastura permiten mejorar la calidad del forraje en pasturas en estado vegetativo (52).

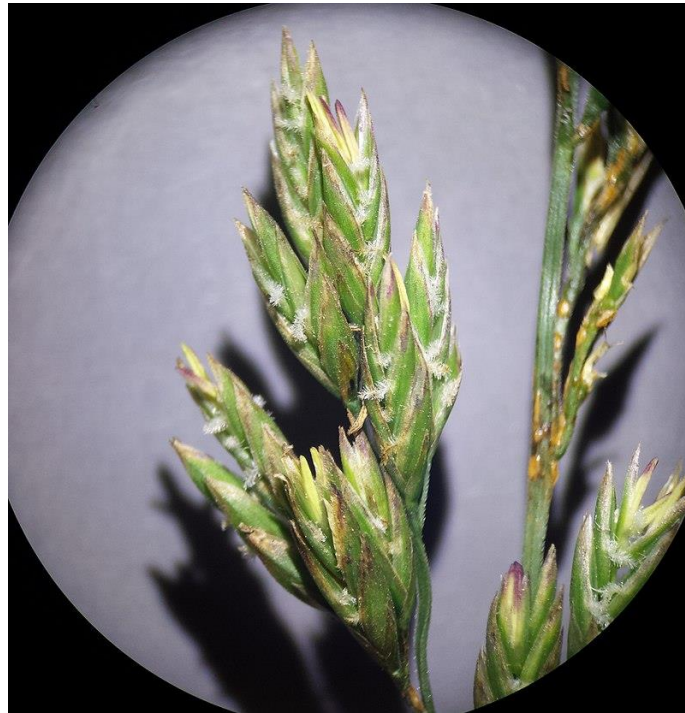


Figura 26: *Festuca arundinacea*, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Festuca arundinacea, se encuentra distribuida en Argentina, Austria, Brasil, Bulgaria, Canadá, República Democrática del Congo, China, Chile, Camerún, Colombia, Costa Rica, Irlanda, República Checa, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Japón, Liberia, Eslovaquia, Marruecos, México, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, España, Suiza, Reino Unido, Ucrania, Estados Unidos (Fig.27)

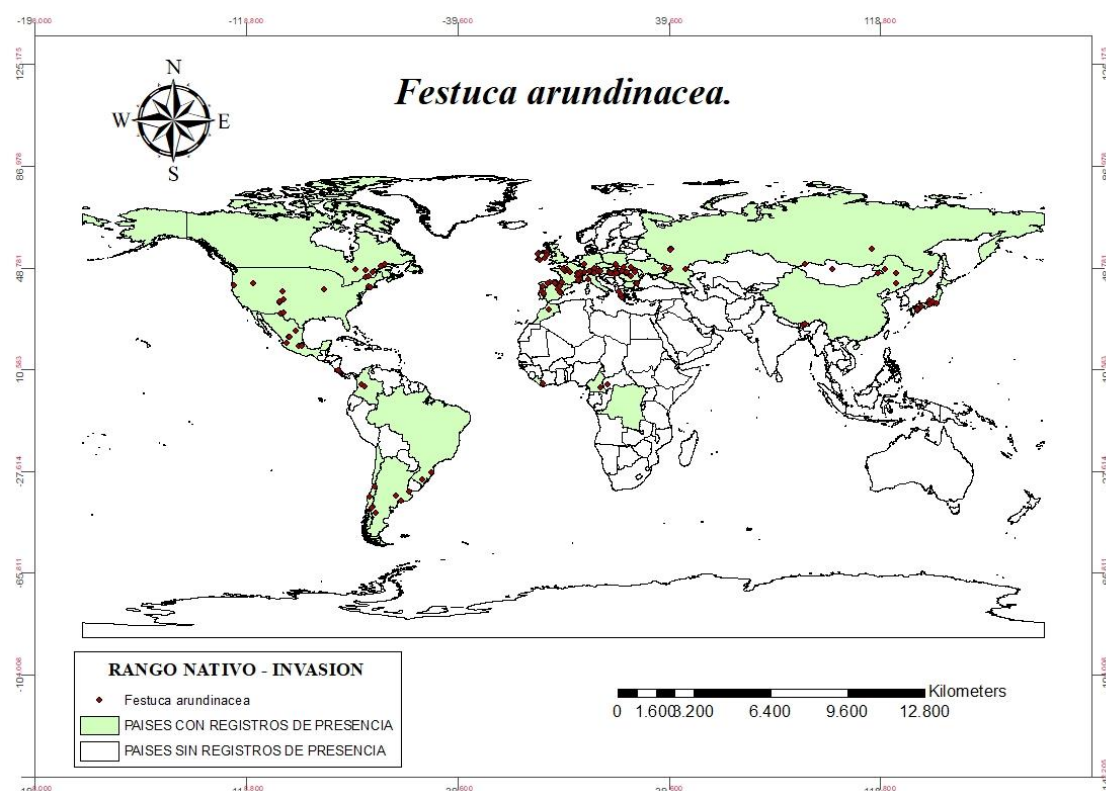


Figura 27: Registros de presencia *Festuca arundinacea* en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica de *Festuca arundinacea*, obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.888 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.55 ± 0.17 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 15).

Tabla 15: Rendimiento del modelo para *Festuca arundinacea*

<i>Festuca arundinacea</i>	
AUC _{Training}	0.888
AUC _{Test}	0.766 ± 0.046
AUC _p	1.55 ± 0.17
p	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 184242 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Festuca arundinacea* (nicho potencial; Fig.28). Esta zona incluye, las provincias de, Carchi, Imbabura, El Oro, Loja, Manabí, Guayas, Santa Elena y Los Ríos. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichicha, Cotopaxi, Cañar y Azuay. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 113437 km² (no nicho; Fig.28).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 223576 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Festuca arundinacea* (nicho potencial; Fig.28). Esta zona incluye, las provincias de, Carchi, Imbabura, El Oro, Loja, Manabí, Guayas, Santa Elena y Los Ríos. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichicha, Cotopaxi, Cañar y Azuay. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 62852 km² (no nicho; Fig.28).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 258264 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Festuca arundinacea* (nicho potencial; Fig.28). Esta zona incluye, las provincias de, Carchi, Imbabura, El Oro, Loja, Manabí, Guayas, Santa Elena, Pichicha, Cotopaxi, Cañar, Azuay y Los Ríos. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 39415 km² (no nicho; Fig.28).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 251904 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Festuca arundinacea* (nicho potencial; Fig.28). Esta zona incluye, las provincias de, Carchi, Imbabura, El Oro, Loja, Guayas, Santa Elena, Pichicha, Cotopaxi, Cañar y Azuay. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 34524 km² (no nicho; Fig.28).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 280443 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Festuca arundinacea* (nicho potencial; Fig.28). Esta zona incluye, las provincias de, Carchi, Imbabura, El Oro, Loja, Guayas, Santa Elena, Pichicha, Cotopaxi, Cañar y Azuay. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Los Ríos. Las provincias que tuvieron el menor índice son las que están situadas en la región de Oriente Ecuatoriano. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 17236 km² (no nicho; Fig.28).

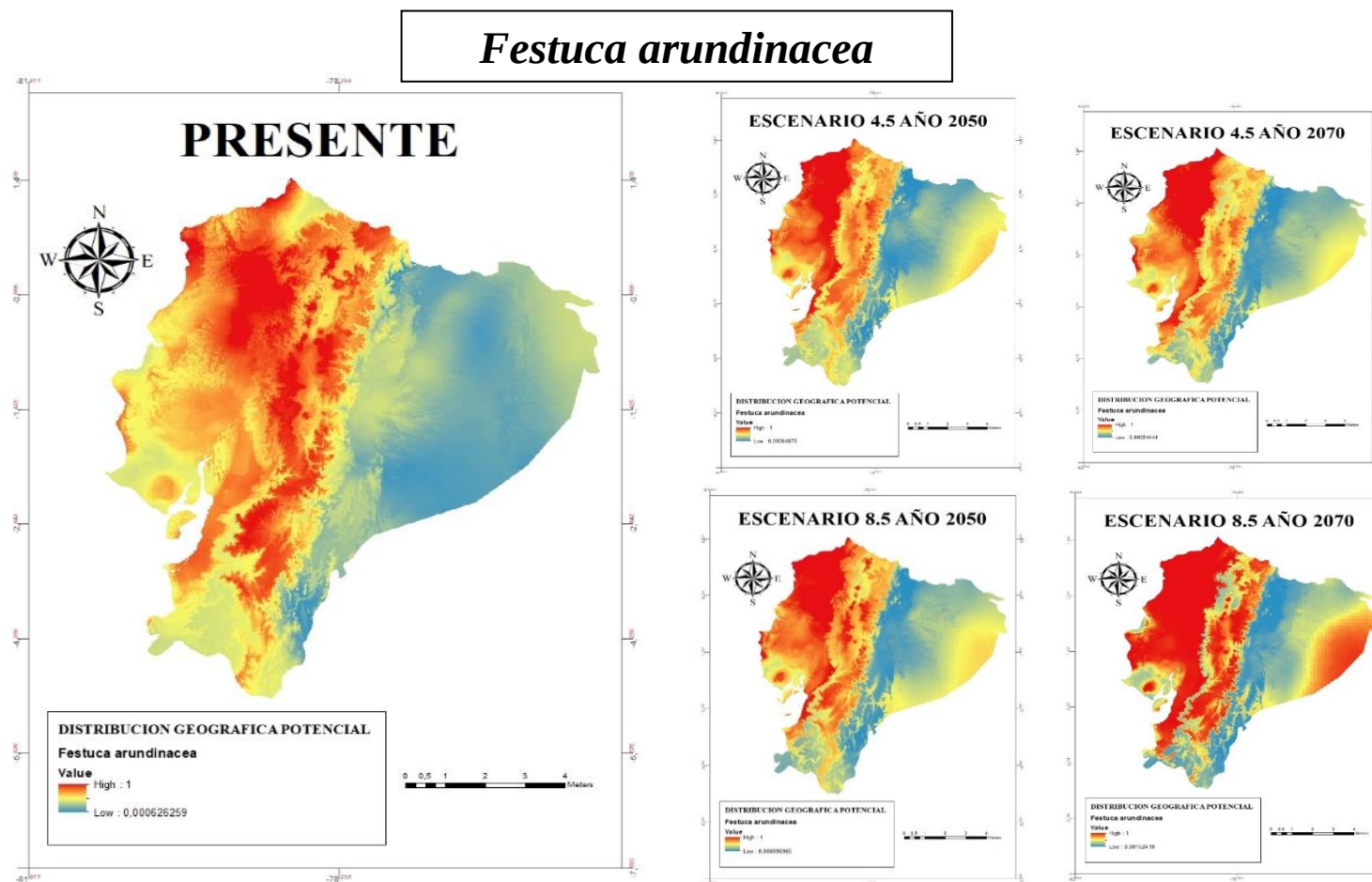


Figura 28: Distribución geográfica potencial de *Festuca arundinacea* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Festuca arundinacea* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Manabí cuenta con mayor extensión (22161 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Orellana presenta la menor extensión (142 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.29; Tabla 16).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (18131 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (26645 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3662 km²) (Fig.29; Tabla 16).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (27150 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (33667 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Cañar presenta la menor extensión (3669 km²) (Fig.29; Tabla 16).

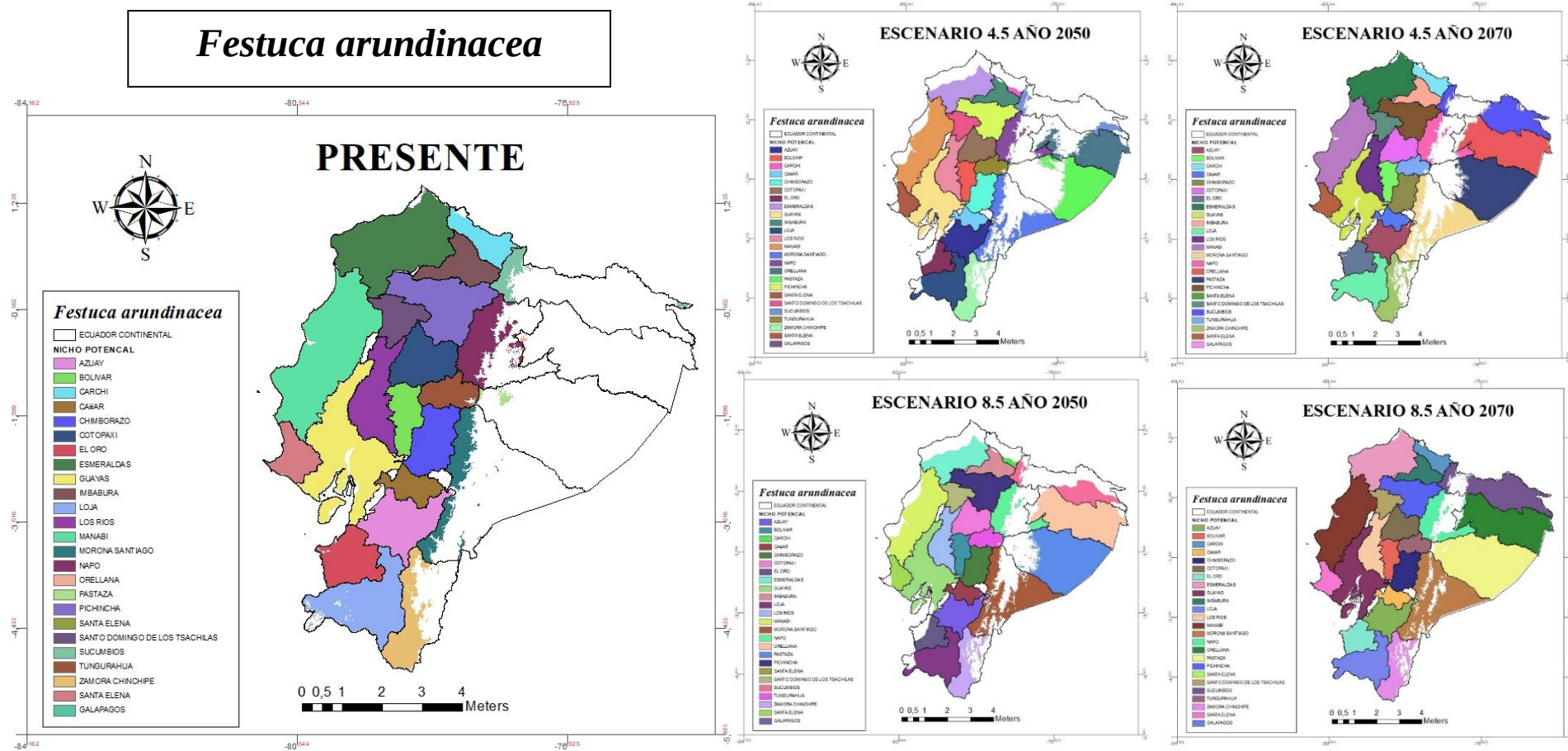


Figura 29: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Festuca arundinacea*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 16 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Festuca arundinacea*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 16: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Festuca arundinacea* para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICHOS		NO NICHOS		NICHOS		NO NICHOS		NICHOS		NO NICHOS		NICHOS		NO NICHOS		NICHOS		NO NICHOS		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	99.99	9218	0.01	1	99.86	9206	0.14	13	100.00	9219	0.00	0	9219
Bolivar	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	4564
Cañar	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	3684
Carchi	100.00	4414	0.00	0	14.05	620	85.95	3794	14.05	620	85.95	3794	94.65	4178	5.35	236	94.68	4179	5.32	235	4414
Cotopaxi	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	100.00	7201	0.00	0	7201
Chimborazo	100.00	6889	0.00	0	100.00	6889	0.00	0	99.85	6879	0.15	10	100.00	6889	0.00	0	100.00	6889	0.00	0	6889
El Oro	100.00	6867	0.00	0	72.14	4954	27.86	1913	72.14	4954	27.86	1913	98.73	6780	1.27	87	98.73	6780	1.27	87	6867
Esmeraldas	100.00	18536	0.00	0	58.86	10910	41.14	7626	58.86	10910	41.14	7626	97.45	18063	2.55	473	97.45	18063	2.55	473	18536
Guayas	100.00	18176	0.00	0	94.23	17127	5.77	1049	94.23	17127	5.77	1049	95.07	17280	4.93	896	95.07	17280	4.93	896	18176
Imbabura	100.00	5401	0.00	0	97.02	5240	2.98	161	96.93	5235	3.07	166	99.87	5394	0.13	7	100.00	5401	0.00	0	5401
Loja	100.00	12994	0.00	0	90.99	11823	9.01	1171	90.99	11823	9.01	1171	99.26	12898	0.74	96	99.28	12900	0.72	94	12994
Los Rios	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	8526
Manabi	100.00	22264	0.00	0	80.52	17926	19.48	4338	80.52	17926	19.48	4338	99.54	22161	0.46	103	99.54	22161	0.46	103	22264
Morona Santiago	100.00	28078	0.00	0	100.00	28078	0.00	0	100.00	28078	0.00	0	97.78	27456	2.22	622	97.81	27464	2.19	614	28078
Napo	100.00	14626	0.00	0	96.01	14043	3.99	583	97.53	14265	2.47	361	93.76	13714	6.24	912	99.76	14591	0.24	35	14626
Pastaza	100.00	34533	0.00	0	99.89	34496	0.11	37	100.00	34533	0.00	0	96.94	33478	3.06	1055	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	100.00	11063	0.00	0	11063
Tungurahua	100.00	3972	0.00	0	100.00	3972	0.00	0	100.00	3972	0.00	0	99.72	3961	0.28	11	100.00	3972	0.00	0	3972
Zamora Chinchipe	100.00	12370	0.00	0	87.84	10866	12.16	1504	87.70	10848	12.30	1522	86.81	10739	13.19	1631	96.41	11926	3.59	444	12370
Sucumbios	100.00	21055	0.00	0	47.76	10055	52.24	11000	47.70	10043	52.30	11012	91.76	19321	8.24	1734	97.50	20529	2.50	526	21055
Orellana	100.00	25287	0.00	0	98.06	24797	1.94	490	98.29	24854	1.71	433	98.38	24877	1.62	410	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	100.00	4417	0.00	0	4417
Santa Elena	100.00	4321	0.00	0	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Cenchrus echinatus***

Una especie muy extendida que se naturaliza a lo largo de las partes norte y central de Australia. Es una maleza de climas tropicales, subtropicales, templados más cálidos, semiáridos y áridos que infestaciones de senderos, parques urbanos, céspedes, bordes de caminos, sitios perturbados, áreas de desechos, zonas costeras Alrededores, áreas estuarinas, pastizales, bosques abiertos, cursos de agua, humedales, pastizales y cultivos (ej. maíz, maní y algodón) (Fig.30). Crece en su mayoría en posición vertical (es decir, erecto o ascendente) y sin mechones de corta vida (es decir, anual) Pasto, generalmente crece 25-60 cm de altura, pero ocasionalmente alcanza hasta 1 m de altura. Características distintivas una hierba de pelo corto y de pelo corto que crece generalmente entre 25 y 60 cm de altura. Sus bases del tallo y las vainas inferiores de las hojas a menudo tienen un color rojizo (53).



Figura 30: *Cenchrus echinatus*, especie exótica invasora en Ecuador continental
Fuente: Commons.wikimedia.org

Cenchrus echinatus, se encuentra distribuida en Argentina, Australia, Bahamas, Belice, Bolivia, Brasil, China, Camerún, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guyana, Honduras, Costa de Marfil, Japón, Madagascar, Mali, Marruecos, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Panamá, Nueva Guinea, Togo, Taiwán, Estados Unidos (Fig.31).

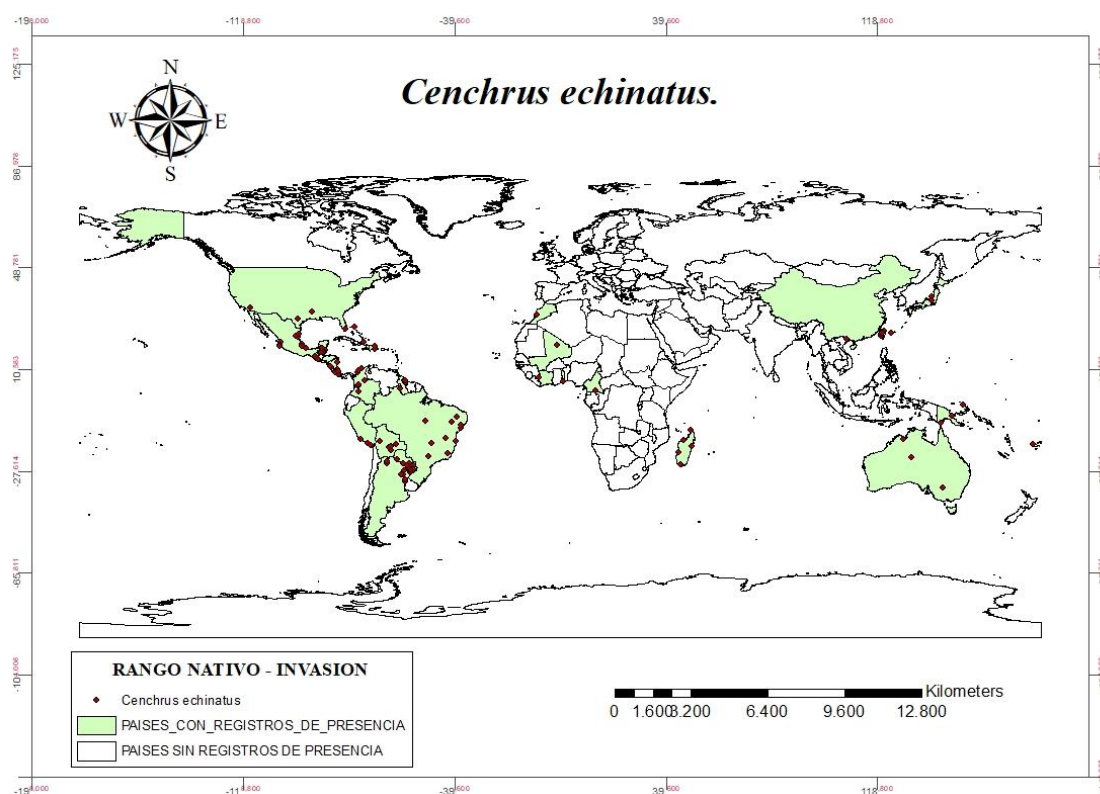


Figura 31: Registros de presencia de *Cenchrus echinatus*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Cenchrus echinatus*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.875 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.39 ± 0.44 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 17).

Tabla 17: Rendimiento del modelo para *Cenchrus echinatus*

<i>Cenchrus echinatus</i>	
AUC _{Training}	0.875
AUC _{Test}	0.627 ± 0.082
AUC _p	1.39 ± 0.44
p	<0.0001

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 280168 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Cenchrus echinatus* (nicho potencial; Fig.32). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. Las provincias que tuvieron el menor índice son Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 17511 km² (no nicho; Fig.32).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 282109 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Cenchrus echinatus* (nicho potencial; Fig.32). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas, Loja, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. Las provincias que tuvieron el menor índice son Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 4319 km² (no nicho; Fig.32).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 293005 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Cenchrus echinatus* (nicho potencial; Fig.32). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas, Loja, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. Las provincias que tuvieron el menor índice son Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 4647 km² (no nicho; Fig.32).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 280305 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Cenchrus echinatus* (nicho potencial; Fig.32). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Zamora, Chinchipe, Azuay, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas, Loja, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se

encuentra distribuida en, Sucumbíos, Orellana, Morona Santiago y Pastaza. Las provincias que tuvieron el menor índice son Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 6123 km² (no nicho; Fig.32).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 294997 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Cenchrus echinatus* (nicho potencial; Fig.32). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Zamora, Chinchipe, Azuay, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas, Loja, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas, Santa Elena y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en, Sucumbíos, Orellana, Morona Santiago y Pastaza. Las provincias que tuvieron el menor índice son Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar y Tungurahua. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 2682 km² (no nicho; Fig.32).

Cenchrus echinatus

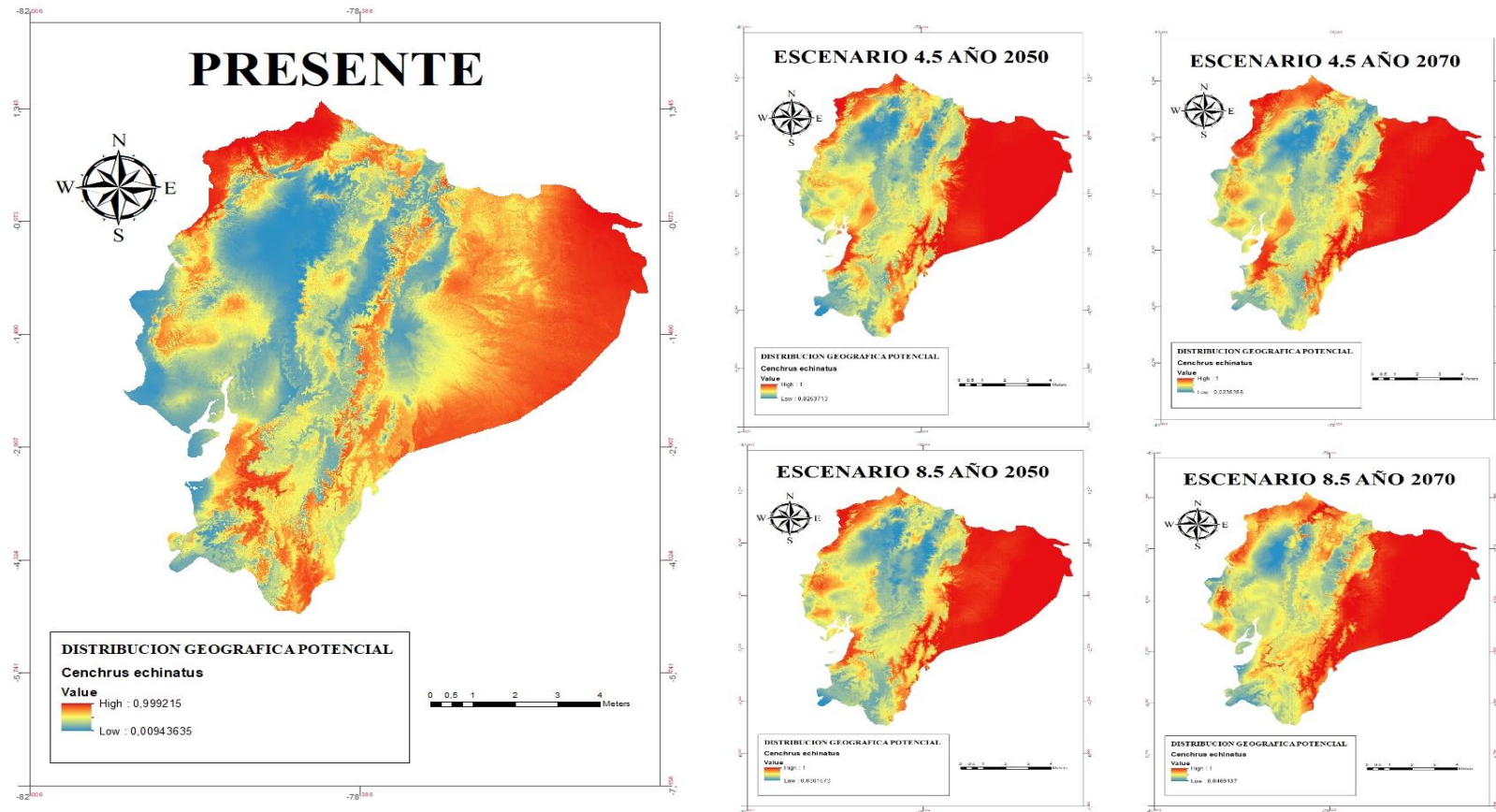


Figura 32: Distribución geográfica potencial de *Cenchrus echinatus* en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Ccenchrus echinatus* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Santo Domingo presenta la menor extensión (214 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.33; Tabla 18).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Santo Domingo presenta la menor extensión (2227 km²) (Fig.33; Tabla 18).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (620 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Santo Domingo presenta la menor extensión (3162 km²) (Fig.33; Tabla 18).

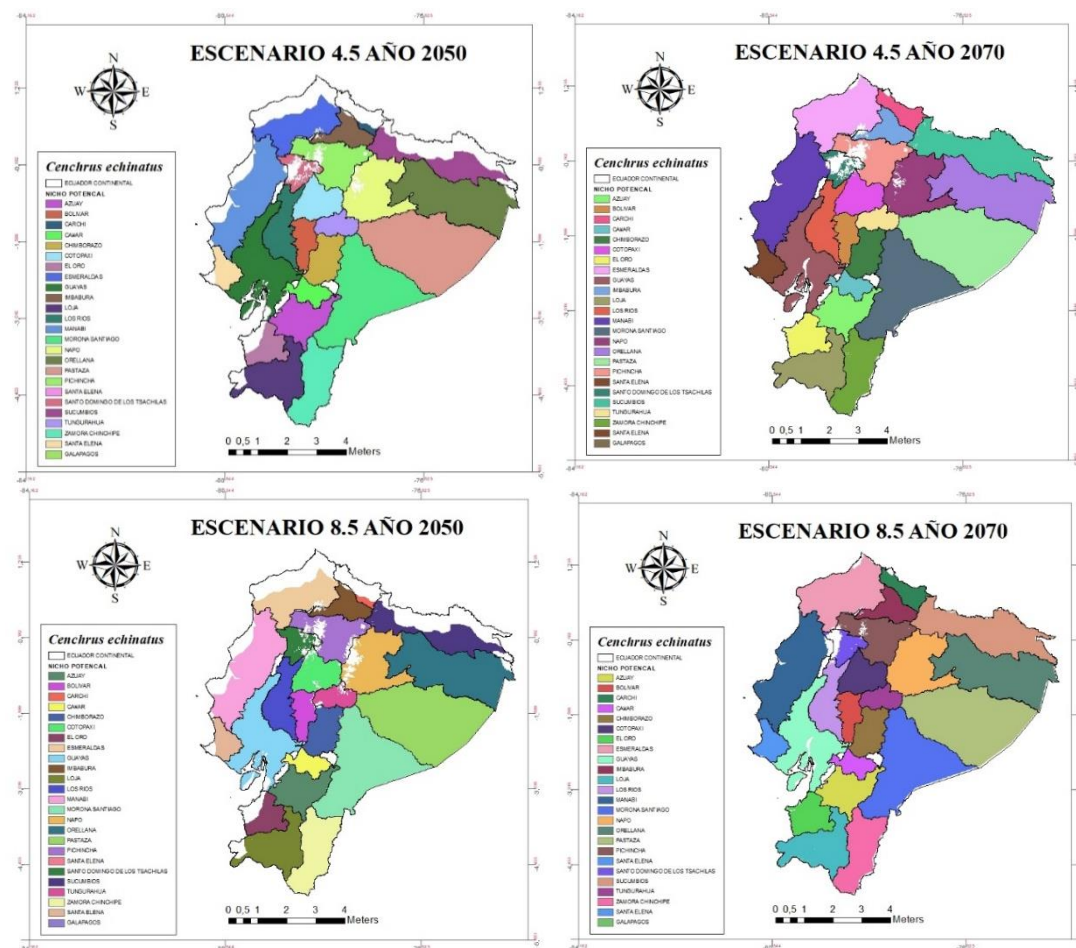
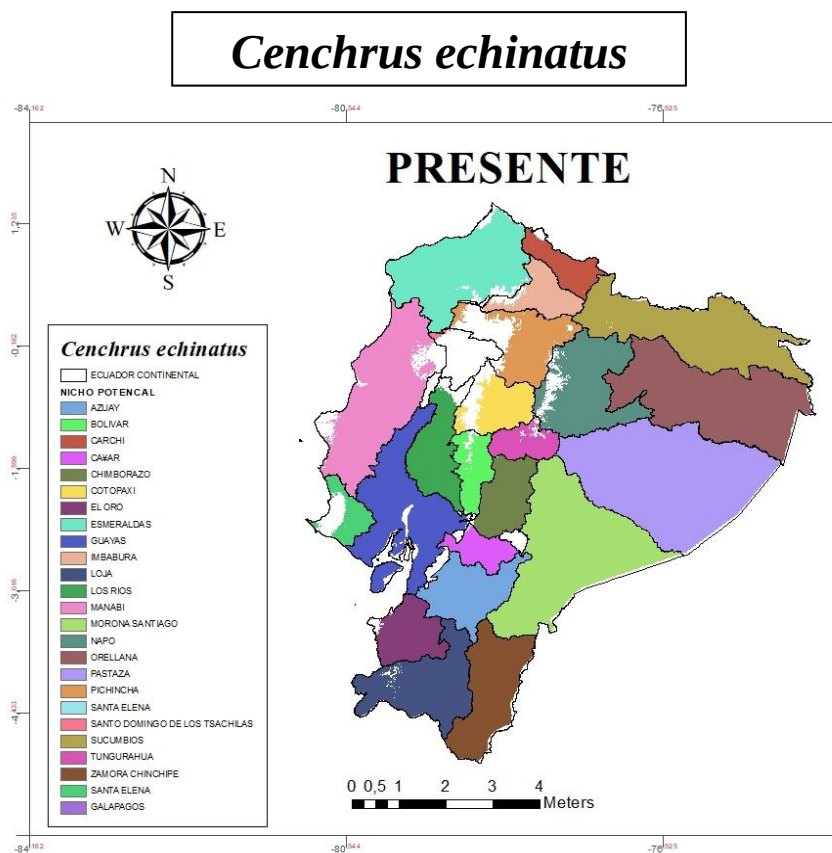


Figura 33: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Cenchrus echinatus*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 18 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Cenchrus echinatus*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 18: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Cenchrus echinatus* para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	100.00	9219	0.00	0	9219
Bolivar	92.68	4230	7.32	334	100.00	4564	0.00	0	98.33	4488	1.67	76	100.00	4564	0.00	0	100.00	4564	0.00	0	4564
Cañar	98.78	3639	1.22	45	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	100.00	3684	0.00	0	3684
Carchi	94.61	4176	5.39	238	14.05	620	85.95	3794	14.05	620	85.95	3794	94.56	4174	5.44	240	94.68	4179	5.32	235	4414
Cotopaxi	74.09	5335	25.91	1866	99.61	7173	0.39	28	93.45	6729	6.55	472	99.49	7164	0.51	37	100.00	7201	0.00	0	7201
Chimborazo	99.23	6836	0.77	53	99.83	6877	0.17	12	98.48	6784	1.52	105	100.00	6889	0.00	0	100.00	6889	0.00	0	6889
El Oro	95.56	6562	4.44	305	72.14	4954	27.86	1913	72.14	4954	27.86	1913	98.73	6780	1.27	87	98.73	6780	1.27	87	6867
Esmeraldas	94.38	17495	5.62	1041	58.34	10814	41.66	7722	57.88	10729	42.12	7807	96.26	17843	3.74	693	97.06	17991	2.94	545	18536
Guayas	94.82	17235	5.18	941	94.23	17127	5.77	1049	94.23	17127	5.77	1049	95.07	17280	4.93	896	95.07	17280	4.93	896	18176
Imbabura	91.56	4945	8.44	456	95.78	5173	4.22	228	93.98	5076	6.02	325	96.04	5187	3.96	214	99.63	5381	0.37	20	5401
Loja	98.14	12752	1.86	242	90.91	11813	9.09	1181	90.93	11815	9.07	1179	99.27	12899	0.73	95	99.14	12882	0.86	112	12994
Los Rios	89.92	7667	10.08	859	99.96	8523	0.04	3	99.94	8521	0.06	5	100.00	8526	0.00	0	98.75	8419	1.25	107	8526
Manabi	89.59	19947	10.41	2317	79.96	17803	20.04	4461	80.52	17926	19.48	4338	98.89	22017	1.11	247	96.87	21567	3.13	697	22264
Morona Santiago	97.81	27464	2.19	614	100.00	28078	0.00	0	99.96	28068	0.04	10	97.81	27464	2.19	614	97.81	27464	2.19	614	28078
Napo	91.86	13435	8.14	1191	95.13	13913	4.87	713	88.89	13001	11.11	1625	96.96	14181	3.04	445	100.00	14626	0.00	0	14626
Pastaza	98.74	34099	1.26	434	100.00	34533	0.00	0	100.00	34533	0.00	0	98.74	34099	1.26	434	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	70.97	7851	29.03	3212	92.62	10247	7.38	816	84.93	9396	15.07	1667	87.92	9727	12.08	1336	96.85	10715	3.15	348	11063
Tungurahua	93.28	3705	6.72	267	100.00	3972	0.00	0	89.83	3568	10.17	404	99.90	3968	0.10	4	100.00	3972	0.00	0	3972
Zamora Chinchipe	96.47	11933	3.53	437	99.98	12367	0.02	3	100.00	12370	0.00	0	96.37	11921	3.63	449	96.47	11933	3.53	437	12370
Sucumbios	98.18	20672	1.82	383	51.27	10795	48.73	10260	51.18	10777	48.82	10278	98.01	20635	1.99	420	98.24	20684	1.76	371	21055
Orellana	99.04	25045	0.96	242	98.29	24854	1.71	433	98.29	24854	1.71	433	99.04	25045	0.96	242	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	4.84	214	95.16	4203	60.45	2670	39.55	1747	84.11	3715	15.89	702	50.42	2227	49.58	2190	71.59	3162	28.41	1255	4417
Santa Elena	67.02	2896	32.98	1425	85.91	3712	14.09	609	85.91	3712	14.09	609	99.26	4289	0.74	32	99.26	4289	0.74	32	4321

- ***Spartium junceum L***

Es un arbusto aromático, con aspecto de junco, que puede llegar a medir hasta 3 m de alto. Su tallo es muy ramificado, con las ramas cilíndricas, verdes estriadas, prácticamente desprovistas de hojas (las hojas en las ramas más jóvenes). Las hojas son alternas caedizas y muy angostas, de color verde-azuloso, con pelillos recostados sobre la superficie. Su inflorescencia presenta flores dispuestas en racimos laxos, ubicados en las puntas de las ramas (Fig.34). Probabilidad que tiene la especie de reproducirse y fundar poblaciones viables en una región fuera de su rango de distribución natural. Este indicador toma en cuenta la disponibilidad de medidas para atenuar los daños potenciales. En el caso Método de Evaluación Rápida de Invasividad. Existe evidencia de que la especie tiene una baja probabilidad de producir descendencia fértil por hibridación o provoca cambios reversibles en el mediano-corto plazo (5-20 años) a la comunidad (cambios en las redes tróficas, competencia por alimento y espacio, cambios conductuales) (54).



Figura 34: *Spartium junceum L*, especie exótica
Invasora en Ecuador continental
Fuente: Commons.wikimedia.org

Spartium junceum L, se encuentra distribuida en Argelia, Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, República Democrática del Congo, República Centroafricana, Etiopía, Mauritania, México, Perú, Portugal, España, Sudán, Estados Unidos, Sudán del Sur (Fig.35).

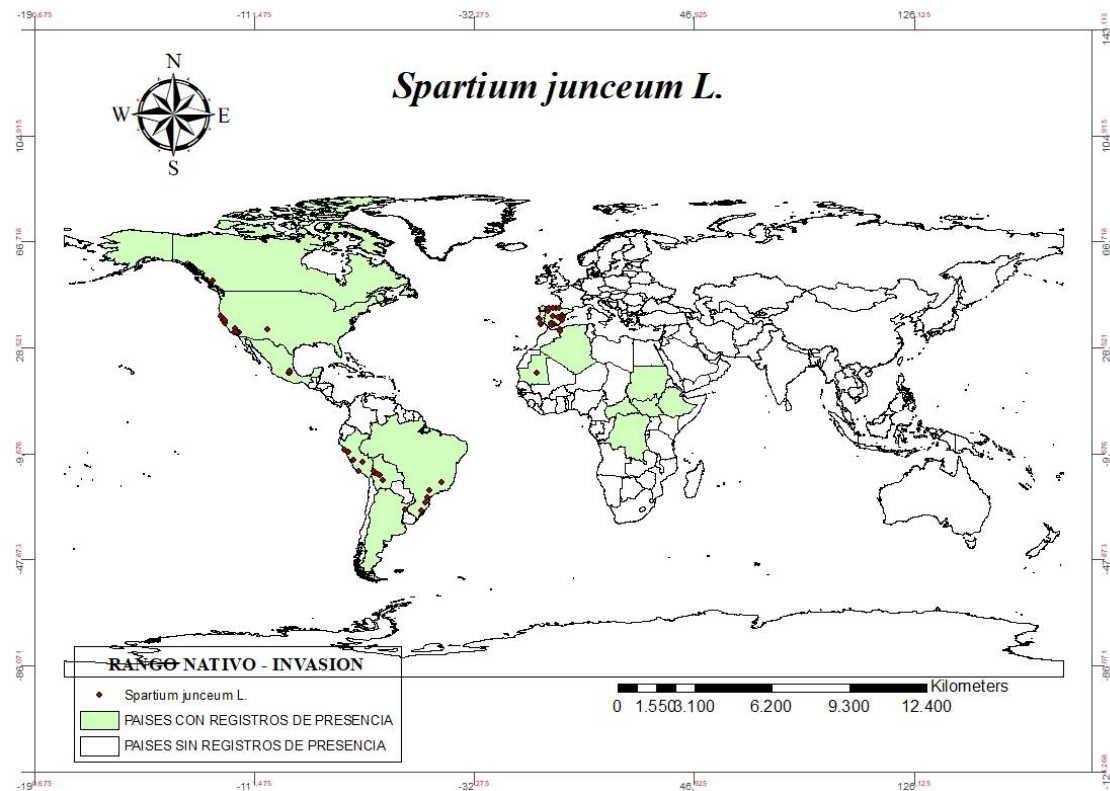


Figura 35: Registros de presencia de *Spartium junceum L.*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Spartium junceum L.*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.768 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.75 ± 0.18 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 19).

Tabla 19: Rendimiento del modelo para *Spartium junceum L.*

<i>Spartium junceum L.</i>	
AUCTraining	0.768
AUCTest	0.819 ± 0.049
AUCp	1.75 ± 0.18
P	0

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 83596 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Spartium junceum* (nicho potencial; Fig.36). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en El Oro y Santa Elena. Las provincias que tuvieron el menor índice son Sucumbíos, Orellana y Pastaza. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 214083 km² (no nicho; Fig.36).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 91047 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Spartium junceum* (nicho potencial; Fig.36). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en El Oro y Santa Elena. Las provincias que tuvieron el menor índice son Sucumbíos, Orellana y Pastaza. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 195381 km² (no nicho; Fig. 36).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 94745 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Spartium junceum* (nicho potencial; Fig.36). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en El Oro y Santa Elena. Las provincias que tuvieron el menor índice son Sucumbíos, Orellana y Pastaza. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 202934 km² (no nicho; Fig.36).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 88711 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Spartium junceum* (nicho potencial; Fig.36). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, , Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas

y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en El Oro y Santa Elena. Las provincias que tuvieron el menor índice son Los Ríos, Esmeraldas, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 197717 km² (no nicho; Fig.36).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 103825 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Spartium junceum* (nicho potencial; Fig.36). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Santo Domingo de los Tsáchilas, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Guayas y Manabí. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en El Oro y Santa Elena. Las provincias que tuvieron el menor índice son Los Ríos, Esmeraldas, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 193854 km² (no nicho; Fig.36).

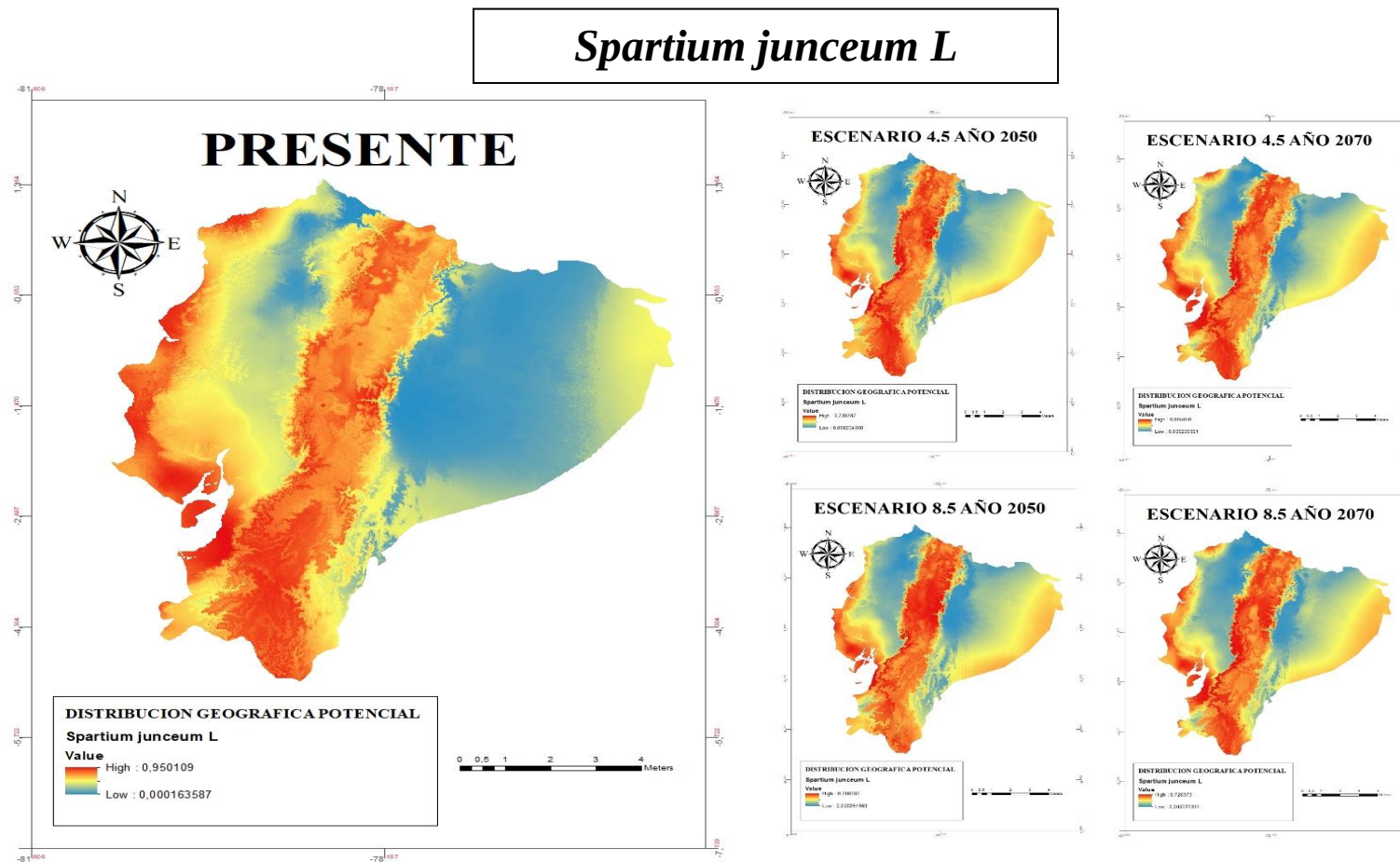


Figura 36: Distribución geográfica potencial de *Spartium junceum*, en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Spartium junceum* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Loja cuenta con mayor extensión (9337 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Los Ríos, Orellana y Santo Domingo no presenta extensión la cual podría ser afectada a futuro por la distribución potencial de esta especie (Fig.37; Tabla 20).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Loja cuenta con mayor extensión (9723 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Orellana presenta la menor extensión (3 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Loja cuenta con mayor extensión (9449 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Orellana presenta la menor extensión (3 km²) (Fig.37; Tabla 20).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Azuay cuenta con mayor extensión (8943 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Los Ríos no presenta extensión. Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Loja cuenta con mayor extensión (9499 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Los Ríos presenta la menor extensión (8 km²) (Fig.37; Tabla 20)

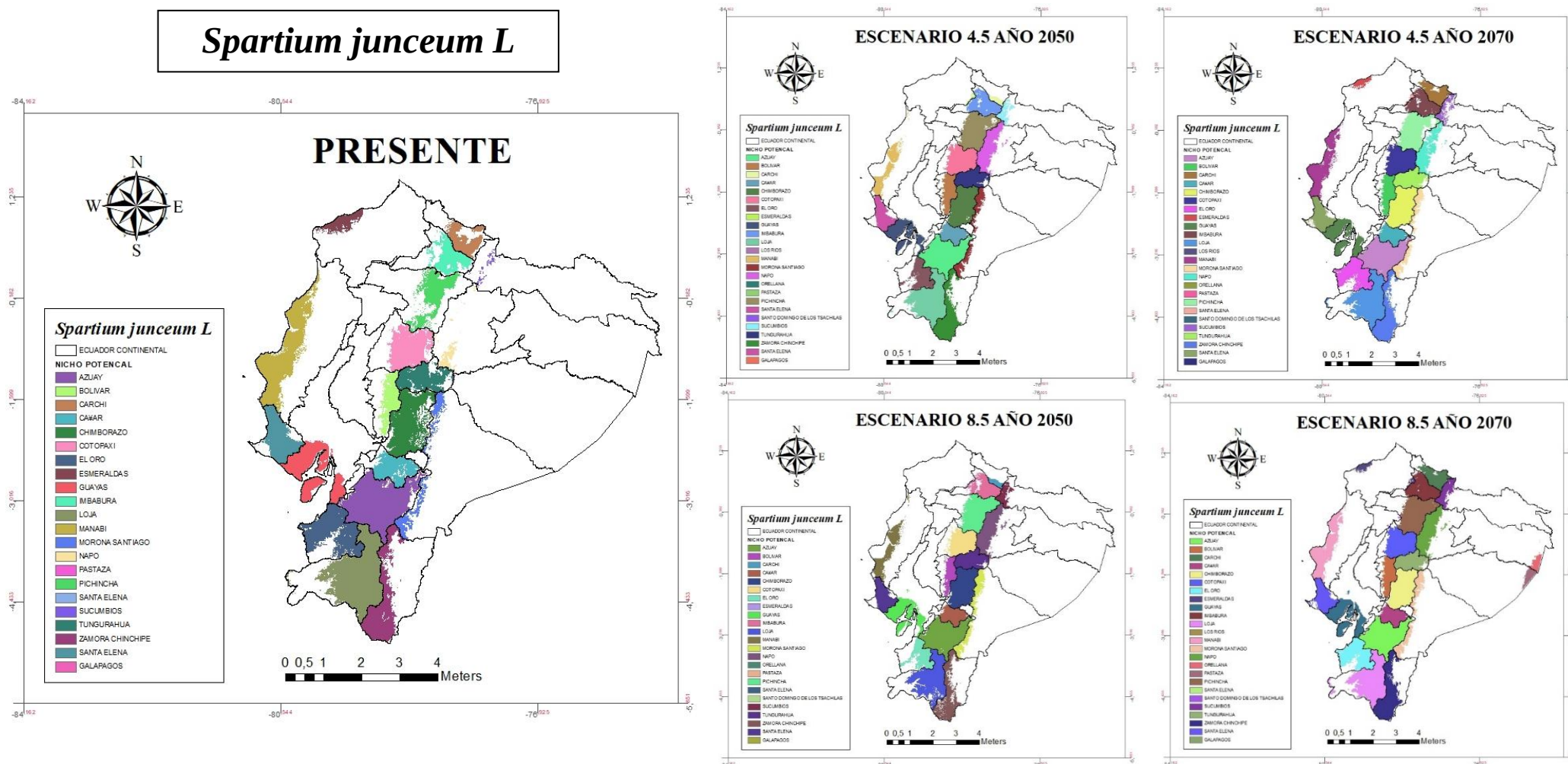


Figura 37: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Spartium junceum L.* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 20 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Spartium junceum L*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 20: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Spartium junceum L*, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5)

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	91.88	8470	8.12	749	97.80	9016	2.20	203	97.01	8943	2.99	276	97.39	8978	2.61	241	97.57	8995	2.43	224	9219
Bolivar	44.76	2043	55.24	2521	68.45	3124	31.55	1440	51.16	2335	48.84	2229	67.11	3063	32.89	1501	69.33	3164	30.67	1400	4564
Cañar	72.64	2676	27.36	1008	81.54	3004	18.46	680	79.07	2913	20.93	771	81.16	2990	18.84	694	81.73	3011	18.27	673	3684
Carchi	43.52	1921	56.48	2493	14.02	619	85.98	3795	14.05	620	85.95	3794	66.15	2920	33.85	1494	70.32	3104	29.68	1310	4414
Cotopaxi	56.95	4101	43.05	3100	74.31	5351	25.69	1850	65.38	4708	34.62	2493	73.95	5325	26.05	1876	79.68	5738	20.32	1463	7201
Chimborazo	80.62	5554	19.38	1335	97.23	6698	2.77	191	96.05	6617	3.95	272	97.63	6726	2.37	163	97.84	6740	2.16	149	6889
El Oro	77.11	5295	22.89	1572	56.33	3868	43.67	2999	52.72	3620	47.28	3247	81.35	5586	18.65	1281	81.93	5626	18.07	1241	6867
Esmeraldas	7.52	1394	92.48	17142	0.80	148	99.20	18388	0.46	85	99.54	18451	5.55	1029	94.45	17507	5.51	1022	94.49	17514	18536
Guayas	26.26	4773	73.74	13403	24.24	4406	75.76	13770	27.87	5066	72.13	13110	27.40	4980	72.60	13196	30.50	5544	69.50	12632	18176
Imbabura	44.75	2417	55.25	2984	74.43	4020	25.57	1381	64.58	3488	35.42	1913	74.73	4036	25.27	1365	81.67	4411	18.33	990	5401
Loja	71.86	9337	28.14	3657	74.83	9723	25.17	3271	65.60	8524	34.40	4470	72.72	9449	27.28	3545	73.10	9499	26.90	3495	12994
Los Rios	0.00	0	100.00	8526	0.05	4	99.95	8522	0.00	0	100.00	8526	0.05	4	99.95	8522	0.09	8	99.91	8518	8526
Manabi	32.80	7302	67.20	14962	15.40	3429	84.60	18835	18.56	4133	81.44	18131	28.12	6260	71.88	16004	30.11	6704	69.89	15560	22264
Morona Santiago	8.14	2286	91.86	25792	11.95	3356	88.05	24722	13.74	3858	86.26	24220	11.48	3223	88.52	24855	13.11	3681	86.89	24397	28078
Napo	5.18	758	94.82	13868	33.94	4964	66.06	9662	37.23	5445	62.77	9181	28.16	4119	71.84	10507	35.77	5231	64.23	9395	14626
Pastaza	0.08	28	99.92	34505	0.15	52	99.85	34481	0.19	66	99.81	34467	0.12	43	99.88	34490	2.95	1019	97.05	33514	34533
Pichincha	28.93	3201	71.07	7862	63.87	7066	36.13	3997	62.93	6962	37.07	4101	59.67	6601	40.33	4462	67.47	7464	32.53	3599	11063
Tungurahua	77.22	3067	22.78	905	93.53	3715	6.47	257	95.09	3777	4.91	195	92.20	3662	7.80	310	93.83	3727	6.17	245	3972
Zamora Chinchipe	38.76	4794	61.24	7576	49.42	6113	50.58	6257	45.63	5644	54.37	6726	47.91	5927	52.09	6443	55.55	6872	44.45	5498	12370
Sucumbios	1.39	293	98.61	20762	6.45	1357	93.55	19698	7.46	1571	92.54	19484	7.08	1490	92.92	19565	10.23	2154	89.77	18901	21055
Orellana	0.00	0	100.00	25287	0.01	3	99.99	25284	0.01	3	99.99	25284	0.01	3	99.99	25284	3.45	873	96.55	24414	25287
Santo Domingo	0.00	0	100.00	4417	0.43	19	99.57	4398	0.23	10	99.77	4407	0.75	33	99.25	4384	1.72	76	98.28	4341	4417
Santa Elena	77.99	3370	22.01	951	71.93	3108	28.07	1213	77.64	3355	22.36	966	82.04	3545	17.96	776	84.05	3632	15.95	689	4321

- ***Coix lacryma-jobi***

Planta anual, monoica de 90-110 cm de alto; hojas de 50 cm de largo y 2 a 3.5 cm de ancho, base redonda a corbada, inflorescencia axilar de 2 a 4 cm de largo, con dos racimos separados por un profilo, un racimo, pistilado sésil,, encerrado dentro del utrículo, el cual se deriva de una vaina foliar modificada, formando una estructura globosa de color blanco, gris o morado, lisa y brillante dentro de la cual se encuentran tres espiguillas, un racimo estaminado pedunculado, proyectándose por un orificio. Las espiguillas estaminadas de 8 a 10 mm de largo (Fig.38). Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública (55).



Figura 38: *Coix lacryma-jobi*, especie exótica invasora en Ecuador continental

Fuente: Commons.wikimedia.org

Coix lacryma-jobi, se encuentra distribuida en Argentina, Australia, Austria, Belice, Bolivia, Benín, Brasil, Canadá, Congo, China, Camerún, Colombia, Costa Rica, República Centroafricana, Cuba, República Dominicana, Guinea Ecuatorial, El Salvador, Ghana, Guatemala, Guinea, Guyana, Haití, Honduras, Italia, Costa de Marfil, Japón, Madagascar, Mali, Mauritania, México, Nigeria, Nicaragua, Paraguay, Perú, Panamá, Taiwán, Zambia, Indonesia (Fig.39).

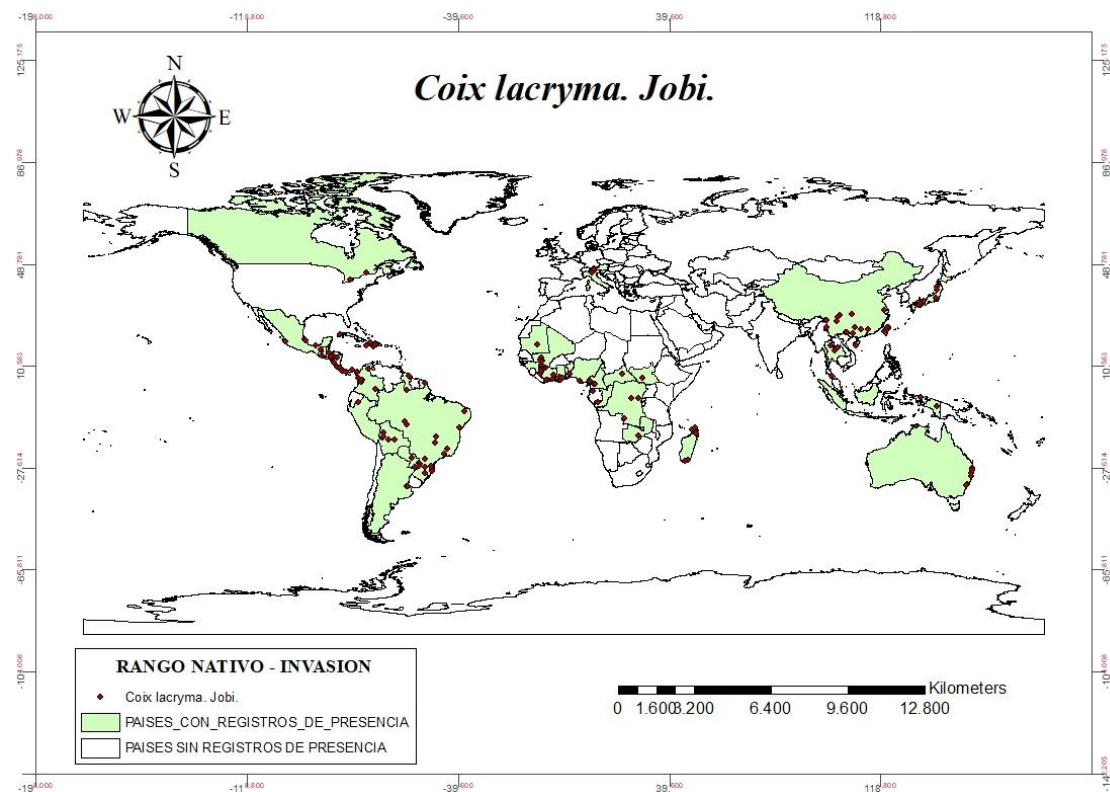


Figura 39: Registros de presencia de *Coix lacryma-jobi*, en su rango nativo y de invasión a nivel mundial.

El modelo de distribución geográfica *Coix lacryma-jobi*, se obtuvo un buen desempeño con un valor de AUC= 0.80 para los datos de entrenamiento. La curva ROC parcial obtuvo un valor promedio de 1.24 ± 0.12 . Estos valores fueron superiores al umbral (≥ 1), lo que indica que el modelo tuvo una buena predicción de las condiciones climáticas adecuadas para la especie, teniendo en cuenta las variables empleadas, lo que valida que no es un modelo al azar (Tabla. 21).

Tabla 21: Rendimiento del modelo para *Coix lacryma-jobi*

<i>Coix lacryma-jobi</i>	
AUC _{Training}	0.800
AUC _{Test}	0.595 ± 0.064
AUC _p	1.24 ± 0.12
p	0.026

Según los resultados de la modelación en Ecuador continental, para el presente se encontró un área de 253140 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Coix lacryma. Jobi* (nicho potencial; Fig.40). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, El Oro, Santa Elena Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Esmeraldas, Sucumbíos, Loja, Orellana y Pastaza. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Manabí y Guayas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi y Bolívar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 44539 km² (no nicho; Fig.40).

Para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 250662 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Coix lacryma. Jobi* (nicho potencial; Fig.40). Esta zona incluye, las provincias de, Napo, El Oro, Santa Elena Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Esmeraldas, Sucumbíos, Loja, Orellana y Pastaza. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Manabí y Guayas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi y Bolívar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 35766 km² (no nicho; Fig.40).

Para el año 2070 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) se encontró un área de 241133 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Coix lacryma. Jobi* (nicho potencial; Fig.40). Esta zona incluye, las provincias de El Oro, Santa Elena Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Azuay, Esmeraldas, Sucumbíos, Loja, Orellana y Pastaza. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Napo, Manabí y Guayas. Las provincias que tuvieron el menor índice son Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi y Bolívar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 56546 km² (no nicho; Fig.40).

Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 229227 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Coix lacryma. Jobi* (nicho potencial; Fig.40). Esta zona incluye, las provincias de El Oro, Santa Elena Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Orellana y Pastaza. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra

distribuida en Santo Domingo de los Tsáchilas, Napo, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Las provincias que tuvieron el menor índice son Manabí, Guayas, Chimborazo, Cañar, Azuay, Los Ríos, El Oro, Tungurahua, Esmeraldas y Bolívar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 57201 km² (no nicho; Fig.40).

Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) se encontró un área de 253246 km² con condiciones climáticas favorables para la presencia potencial de *Coix lacryma Jobi* (nicho potencial; Fig.40). Esta zona incluye, las provincias de El Oro, Santa Elena, Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Orellana y Pastaza. Con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en Santo Domingo de los Tsáchilas, Napo, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Las provincias que tuvieron el menor índice son Manabí, Guayas, Chimborazo, Cañar, Azuay, Los Ríos, El Oro, Tungurahua, Esmeraldas y Bolívar. El total de área que corresponde a zonas no adecuadas fue 44433 km² (no nicho; Fig.40).

Coix lacryma-jobi

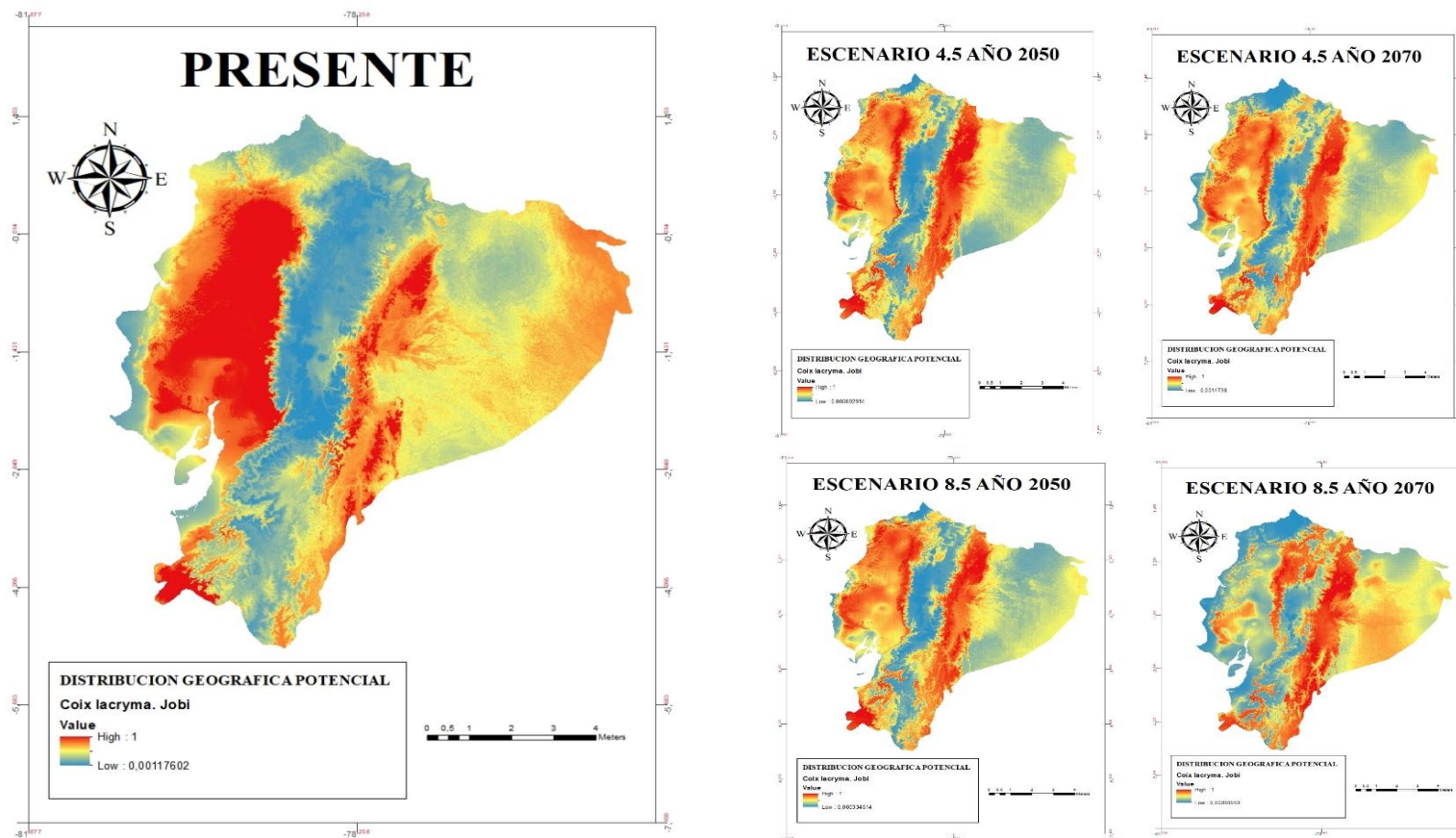


Figura 40: Distribución geográfica potencial de *Coix lacryma-jobi*, en Ecuador continental para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

A través de la superposición de mapas de división provincial en la zona de Ecuador continental y el de distribución geográfica potencial de *Coix laxryma-jobi* obtenido a partir del modelamiento de nicho ecológico en el área nativa e invasión, bajo el escenario presente se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie, mientras que Chimborazo presenta la menor extensión (1437 km²) la cual podría ser afectada por la distribución potencial de esta especie (Fig.41; Tabla 22).

En el caso de los escenarios futuros para el año 2050 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34533 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Carchi presenta la menor extensión (566 km²). Para el año 2070 (RCP 4.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (33620 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro moderado, mientras que Cañar presenta la menor extensión (1589 km²) (Fig.41; Tabla 22).

Para el año 2050 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (33814 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Carchi presenta la menor extensión (338 km²). Para el año 2070 (RCP 8.5) se identificó que la provincia de Pastaza cuenta con mayor extensión (34099 km²) de probabilidad de distribución geográfica potencial de la especie bajo un escenario futuro extremo, mientras que Santa Elena presenta la menor extensión (2083 km²) (Fig.41; Tabla 22).

Coix lacrym-jobi

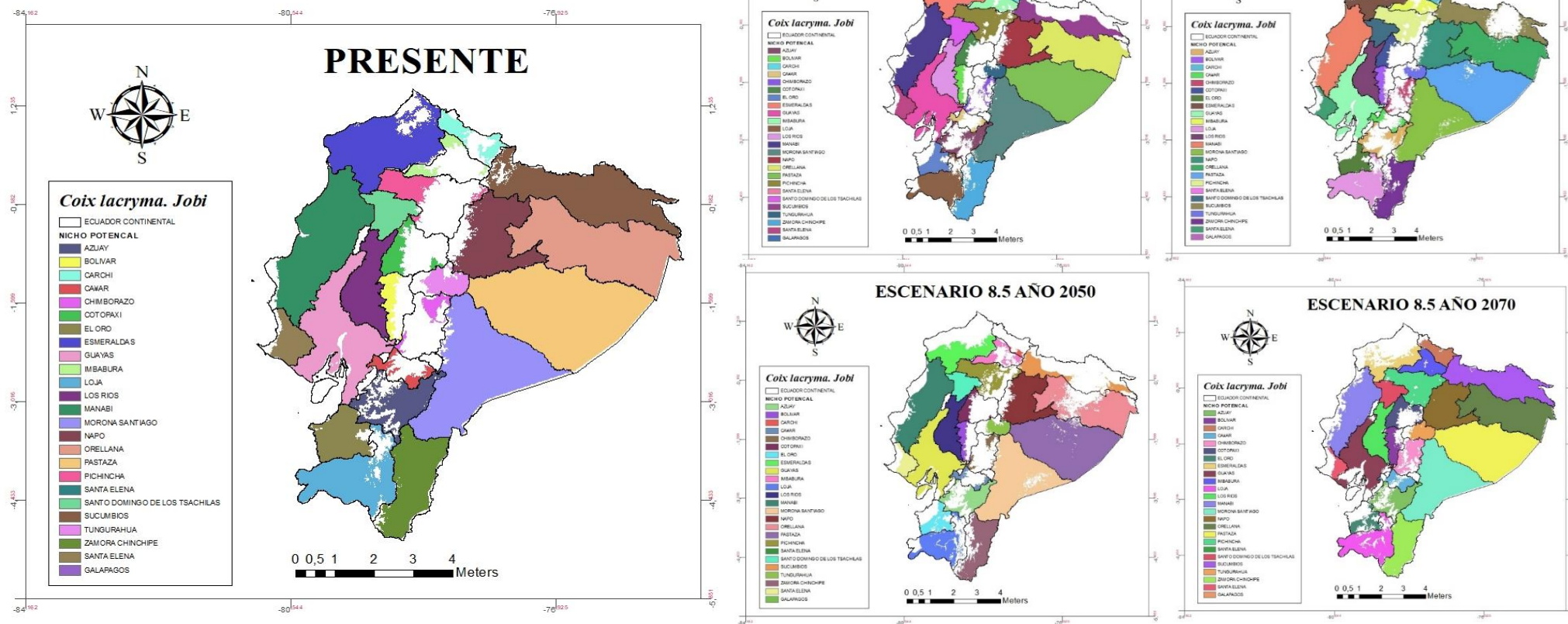


Figura 41: Provincias de Ecuador continental más afectadas por invasión de *Coix lacrym-jobi*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5). Los espacios en blancos representa la ausencia de la especie en las provincias según la representación de cada escenario.

En la tabla 22 se presenta la extensión por provincias en km², del nicho y no nicho de la invasión por *Coix lacryma-jobi*, para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

Tabla 22: Extensión por provincias del nicho y no nicho de *Coix lacryma-jobi*, para el presente y escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

PROVINCIAS	PRESENTE				4.5_2050				8.5_2050				4.5_2070				8.5_2070				TOTAL DE AREA KM2
	NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		NICH0		NO NICH0		
	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	
Azuay	75.26	6938	24.74	2281	47.90	4416	52.10	4803	59.52	5487	40.48	3732	42.48	3916	57.52	5303	68.43	6309	31.57	2910	9219
Bolivar	47.06	2148	52.94	2416	52.26	2385	47.74	2179	47.92	2187	52.08	2377	55.63	2539	44.37	2025	74.58	3404	25.42	1160	4564
Cañar	46.17	1701	53.83	1983	41.15	1516	58.85	2168	39.63	1460	60.37	2224	43.13	1589	56.87	2095	68.43	2521	31.57	1163	3684
Carchi	57.25	2527	42.75	1887	12.82	566	87.18	3848	7.66	338	92.34	4076	65.07	2872	34.93	1542	83.73	3696	16.27	718	4414
Cotopaxi	35.12	2529	64.88	4672	38.90	2801	61.10	4400	31.76	2287	68.24	4914	39.19	2822	60.81	4379	55.96	4030	44.04	3171	7201
Chimborazo	20.86	1437	79.14	5452	24.72	1703	75.28	5186	18.10	1247	81.90	5642	30.02	2068	69.98	4821	67.37	4641	32.63	2248	6889
El Oro	90.46	6212	9.54	655	62.11	4265	37.89	2602	52.58	3611	47.42	3256	63.87	4386	36.13	2481	40.54	2784	59.46	4083	6867
Esmeraldas	87.72	16259	12.28	2277	47.48	8800	52.52	9736	45.94	8516	54.06	10020	53.64	9942	46.36	8594	33.71	6249	66.29	12287	18536
Guayas	89.89	16339	10.11	1837	94.07	17098	5.93	1078	93.06	16914	6.94	1262	92.53	16819	7.47	1357	71.24	12948	28.76	5228	18176
Imbabura	29.20	1577	70.80	3824	78.78	4255	21.22	1146	54.43	2940	45.57	2461	75.56	4081	24.44	1320	96.74	5225	3.26	176	5401
Loja	86.49	11238	13.51	1756	77.79	10108	22.21	2886	63.23	8216	36.77	4778	86.75	11272	13.25	1722	81.83	10633	18.17	2361	12994
Los Rios	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	100.00	8526	0.00	0	99.30	8466	0.70	60	8526
Manabi	94.76	21098	5.24	1166	78.78	17539	21.22	4725	77.45	17243	22.55	5021	90.97	20253	9.03	2011	76.41	17012	23.59	5252	22264
Morona Santiago	95.18	26724	4.82	1354	98.34	27612	1.66	466	94.54	26544	5.46	1534	94.38	26500	5.62	1578	97.65	27419	2.35	659	28078
Napo	86.15	12600	13.85	2026	86.41	12639	13.59	1987	85.14	12452	14.86	2174	86.21	12609	13.79	2017	99.88	14609	0.12	17	14626
Pastaza	98.74	34099	1.26	434	100.00	34533	0.00	0	97.92	33814	2.08	719	97.36	33620	2.64	913	98.74	34099	1.26	434	34533
Pichincha	34.67	3836	65.33	7227	79.70	8817	20.30	2246	62.68	6934	37.32	4129	77.98	8627	22.02	2436	97.29	10763	2.71	300	11063
Tungurahua	65.71	2610	34.29	1362	48.16	1913	51.84	2059	53.47	2124	46.53	1848	46.53	1848	53.47	2124	75.60	3003	24.40	969	3972
Zamora Chinchipe	93.10	11516	6.90	854	83.44	10321	16.56	2049	73.92	9144	26.08	3226	79.09	9783	20.91	2587	93.84	11608	6.16	762	12370
Sucumbios	93.86	19763	6.14	1292	50.90	10717	49.10	10338	25.10	5285	74.90	15770	61.76	13004	38.24	8051	98.03	20640	1.97	415	21055
Orellana	99.04	25045	0.96	242	98.29	24854	1.71	433	76.43	19327	23.57	5960	97.52	24659	2.48	628	99.04	25045	0.96	242	25287
Santo Domingo	98.12	4334	1.88	83	100.00	4417	0.00	0	99.14	4379	0.86	38	100.00	4417	0.00	0	99.23	4383	0.77	34	4417
Santa Elena	84.33	3644	15.67	677	70.52	3047	29.48	1274	63.55	2746	36.45	1575	65.12	2814	34.88	1507	48.21	2083	51.79	2238	4321

La suma de los modelos de distribución geográfica potencial actual, *Hyparrhenia rufa*, *Azadirachta indica* A. Juss, *Senecio vulgaris* L, *Terminalia catappa* L, *Leucaena leucocephala*, *Setaria palmifolia*, *Festuca arundinacea*, *Cenchrus echinatus*, *Spartium junceum* L, *Coix lacryma Jobi*, se extendió a una mayor área de invasión 105305 km² aproximadamente para la coincidencia de siete especies bajo escenario presente. De esta manera se obtuvo cuáles son las regiones con más afectaciones. La región de la Sierra y el Oriente son las más invadidas por estas siete EEI. Las provincias más afectadas son Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Orellana, Morona Santiago, Sucumbíos, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo y Tungurahua; Para lo coincidencia de ocho especies la región costa es la que posee mayor afectación en extensión territorial, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Guayas; Para la coincidencia de nueve especies el borde costero del Ecuador es el más vulnerable; Para la coincidencia de las diez especies las provincias con mayor vulnerabilidad son Esmeralda, Manabí y El Oro (Fig.42).

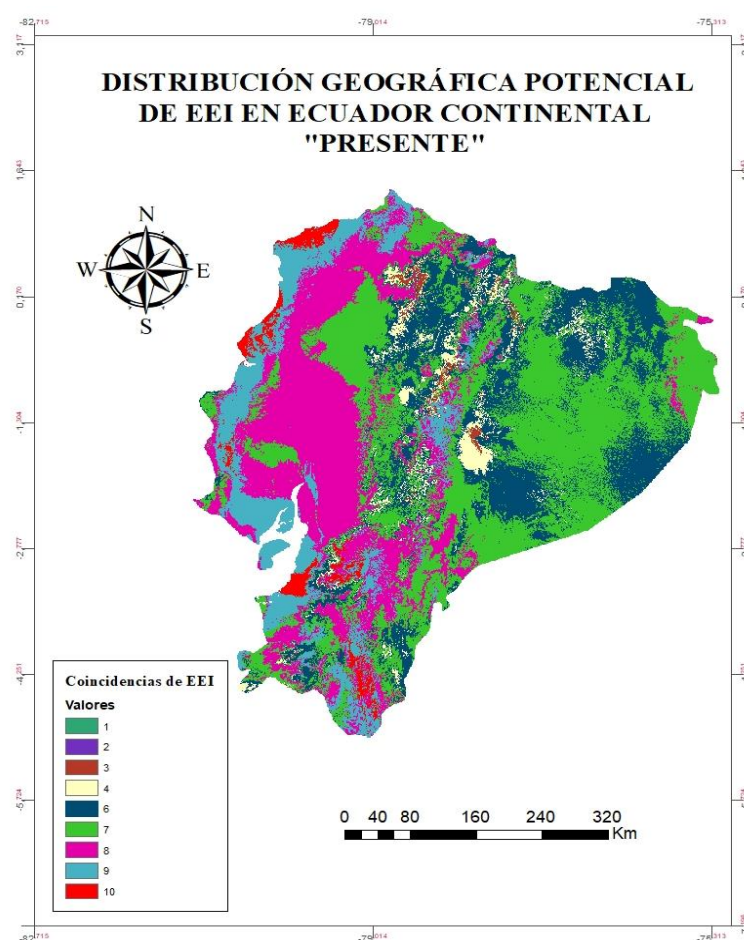


Figura 42: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo escenario presente.

La suma de los modelos de distribución geográfica potencial actual de las especies se extiende a una mayor área invasión 112473 Km² aproximadamente para la coincidencia de siete especies bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2050. Las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente están afectadas siete EEI. Las provincias más afectadas son Loja, El Oro, Azuay, Carchi, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Orellana, Morona Santiago, Sucumbíos Guayas, Manabí, Esmeraldas, Cañar y Tungurahua; Para la coincidencia de ocho especies la zona potencialmente afectada es el borde costero y las provincias en menor extensión de vulnerabilidad son Napo, Sucumbíos, Tungurahua, Morona Santiago y Loja; Para la coincidencia de nueve especies la provincia potencialmente afectada es Guayas en menor extensión territorial (Fig.43).

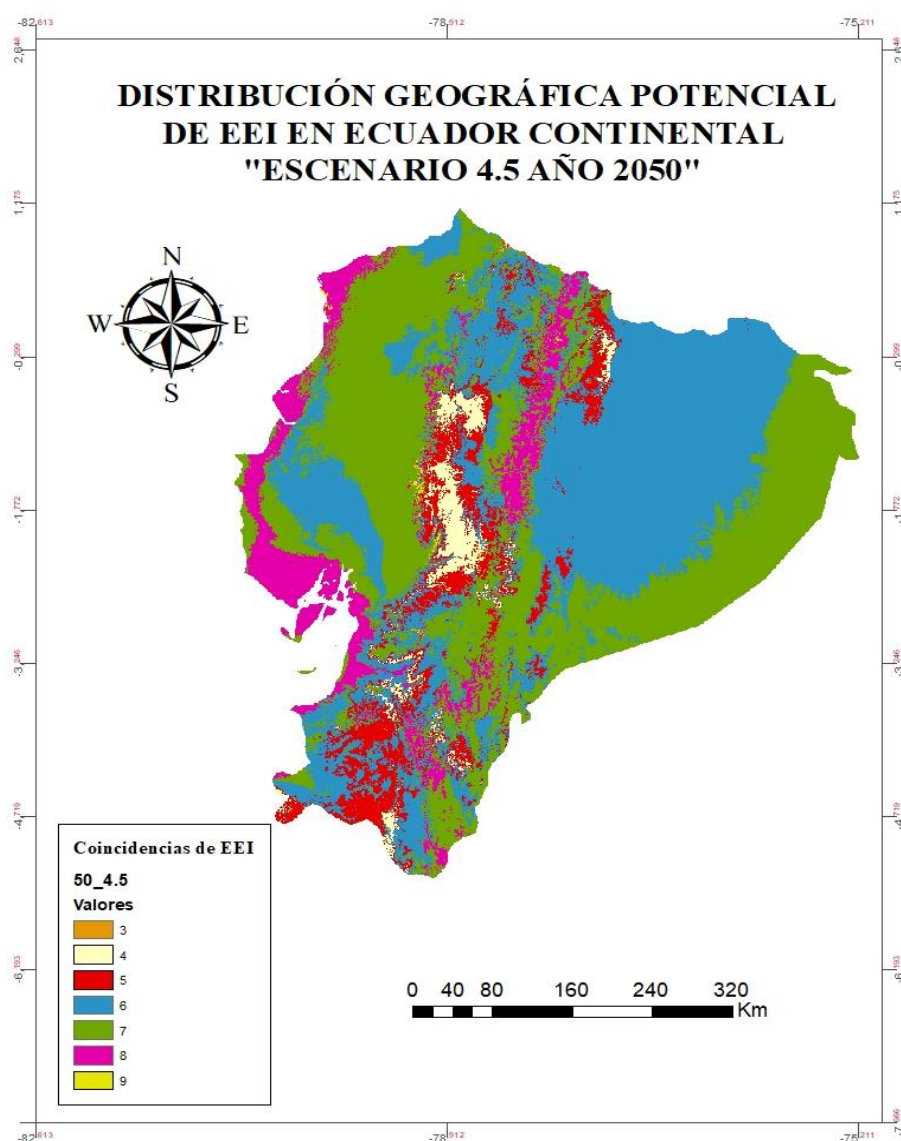


Figura 43: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2050.

La suma de los modelos de distribución geográfica potencial actual de las 10 especies se extiende a una mayor área invasión 120333 Km² aproximadamente para la coincidencia de ocho especies bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2070. Las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente están afectadas siete EEI. Las provincias más afectadas son Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, El Oro, Azuay, Carchi, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Orellana, Morona Santiago, Sucumbíos Guayas, Manabí, Esmeraldas, Santa Elena y Tungurahua; Para la coincidencia de nueve especies la zona potencialmente más vulnerable es el borde costero y las provincias en menor extensión de vulnerabilidad son Napo, Sucumbíos, Tungurahua, Carchi, Zamora Chinchipe y Loja (Fig.44).

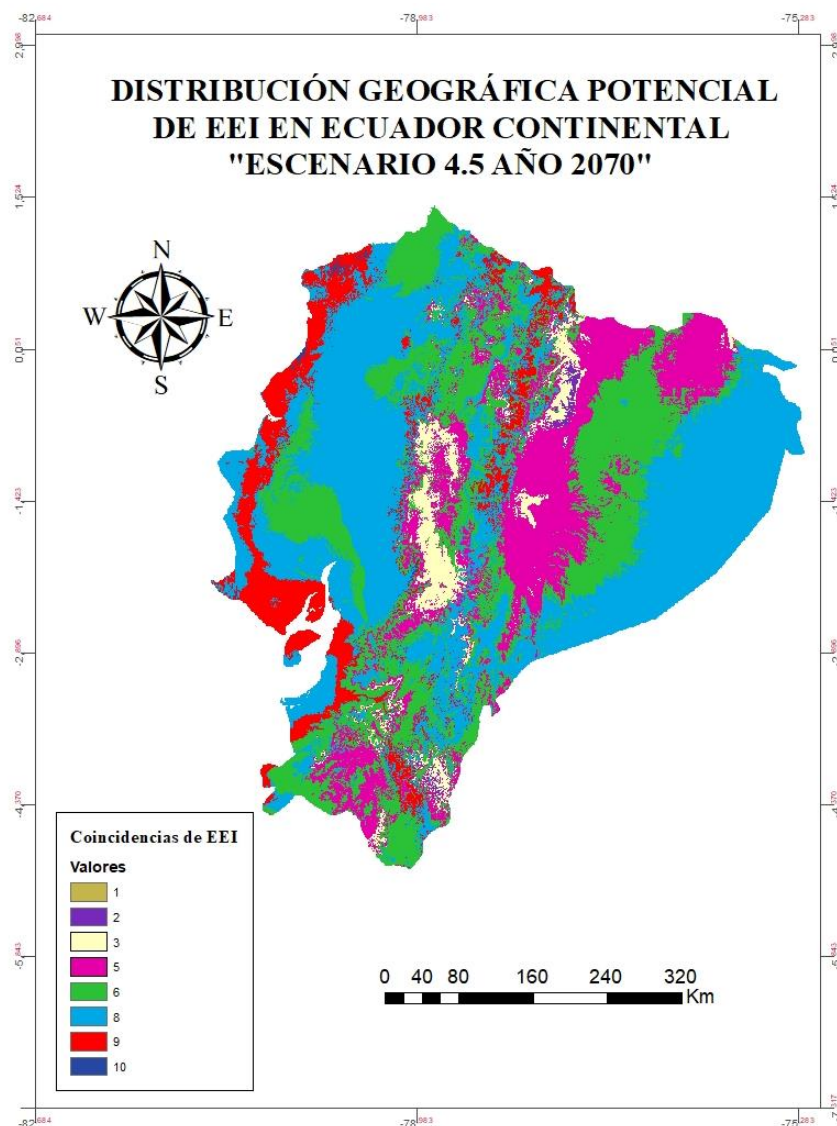


Figura 44: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario moderado (RCP 4.5) para el año 2070.

La suma de los modelos de distribución geográfica potencial actual de las 10 especies, se extiende a una mayor área invasión 118071 Km² aproximadamente para la coincidencia de ocho especies bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2050. Las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente están afectadas siete EEI. Las provincias más afectadas son Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Azuay, Carchi, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Orellana, Morona Santiago, Sucumbíos Guayas, Manabí, Esmeraldas, Santa Elena y Tungurahua; Para la coincidencia de nueve especies la zona potencialmente más vulnerable es el borde costero y las provincias en menor extensión de vulnerabilidad son Napo, Sucumbíos, Tungurahua, Carchi, Azuay, Chimborazo y Zamora Chinchipe; Para la coincidencia de 10 especies la provincia potencialmente afectada es Napo en menor extensión territorial (Fig.45).

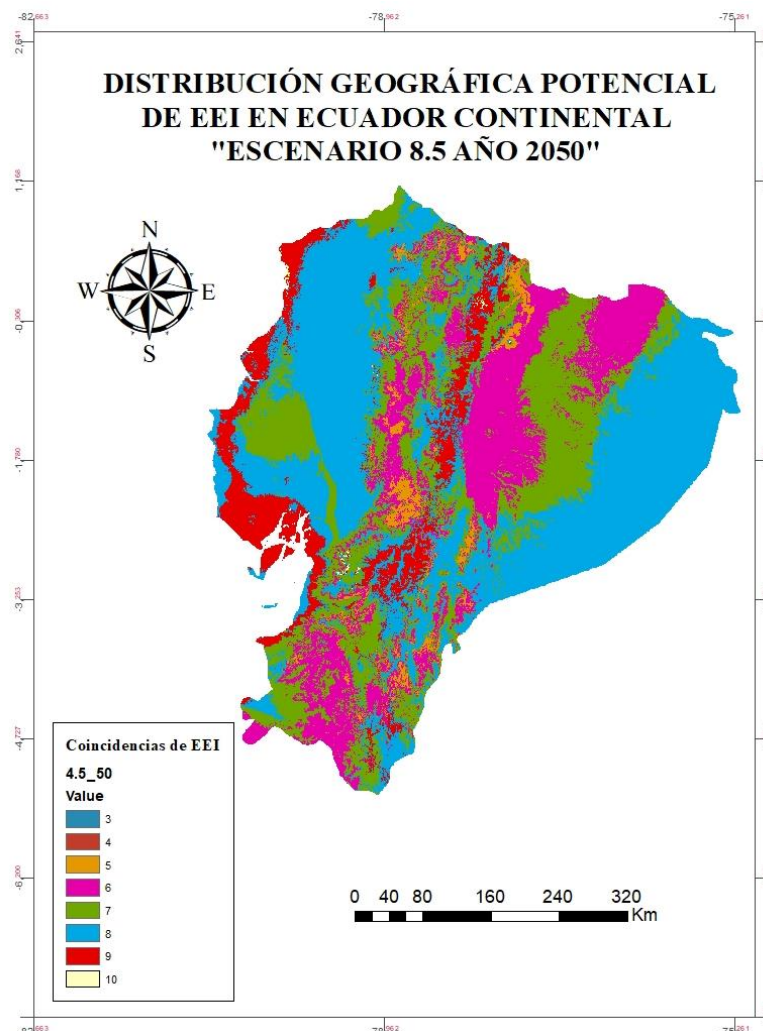


Figura 45: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2050.

La suma de los modelos de distribución geográfica potencial bajo el escenario actual de las 10 especies extiende a una mayor área invasión 173671 Km² aproximadamente para la coincidencia de siete especies bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2070. De esta manera se obtuvo cuáles son las regiones con más afectaciones. Las tres regiones Costa, Sierra y el Oriente bajo este escenario estarán afectadas en su totalidad a excepción de Loja y Chimborazo; ; Para la coincidencia de nueve especies la zona potencialmente más vulnerable es el borde costero y las provincias en menor extensión de vulnerabilidad son Napo, Sucumbíos, Tungurahua, Carchi, Azuay, Chimborazo, Pichincha, Morona Santiago, Imbabura, Pastaza, Orellana y Zamora Chinchipe; Para la coincidencia de 10 especies la provincia potencialmente afectada es Carchi en menor extensión territorial (Fig.46).

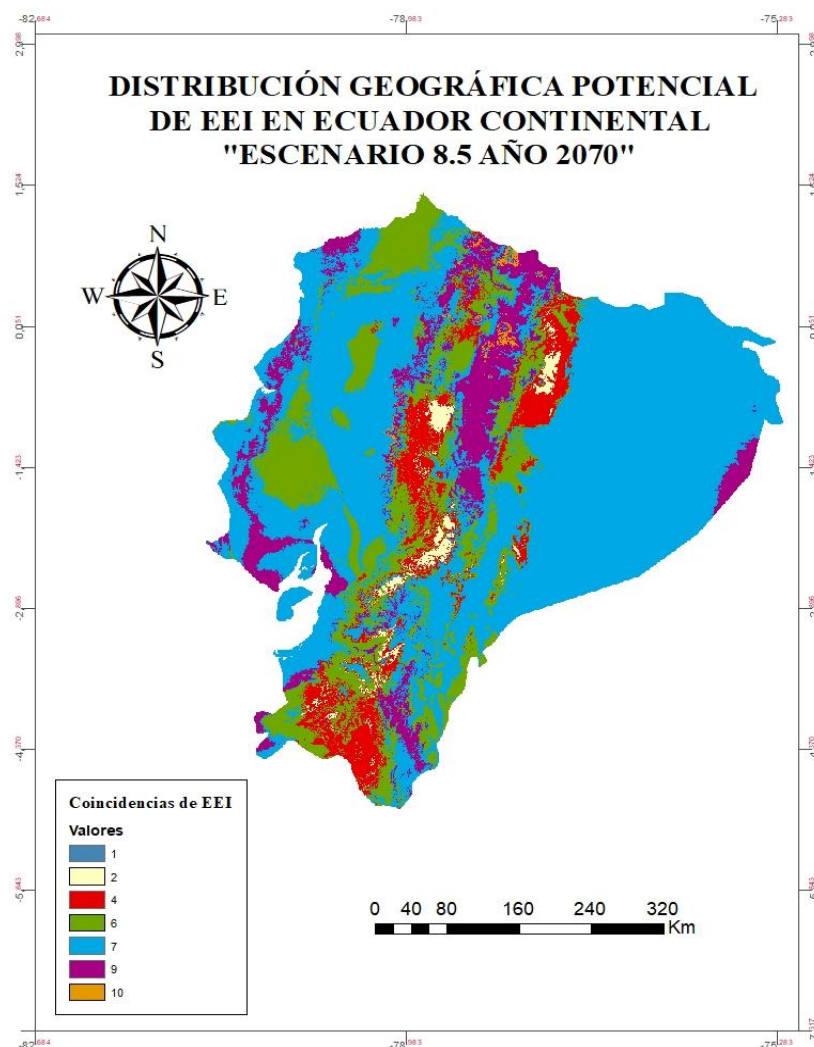


Figura 46: Coincidencia de las distribuciones geográficas potenciales de 10 especies exóticas invasoras en Ecuador continental, bajo un escenario extremo (RCP 8.5) para el año 2070.

4.1.2. Caracterización del nicho climático de las 10 especies exóticas invasoras en la zona de Ecuador continental ante escenarios de cambio climático.

- *Hyparrhenia rufa*

Las variables de precipitación del periodo más lluvioso (mm), oscilación diurna de la temperatura y temperatura máxima media del periodo más cálido (°C) tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *H. rufa* (Tabla 23) Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la precipitación del cuatrimestre más cálido (mm).

Tabla 23: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Hyparrhenia rufa* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	24.8	4.5
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	19.7	5.6
Temperatura máxima media del periodo más cálido (°C)	12.1	28.5
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	9.9	20.8

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Hyparrhenia rufa* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 2 y 5 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 47). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del periodo más lluvioso influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 550 mm (Fig. 47). La otra variable que influyó en el modelo fue la temperatura máxima del periodo más cálido, indicando que la especie encuentra condiciones favorables entre los 5 y 30 °C (Fig. 47).

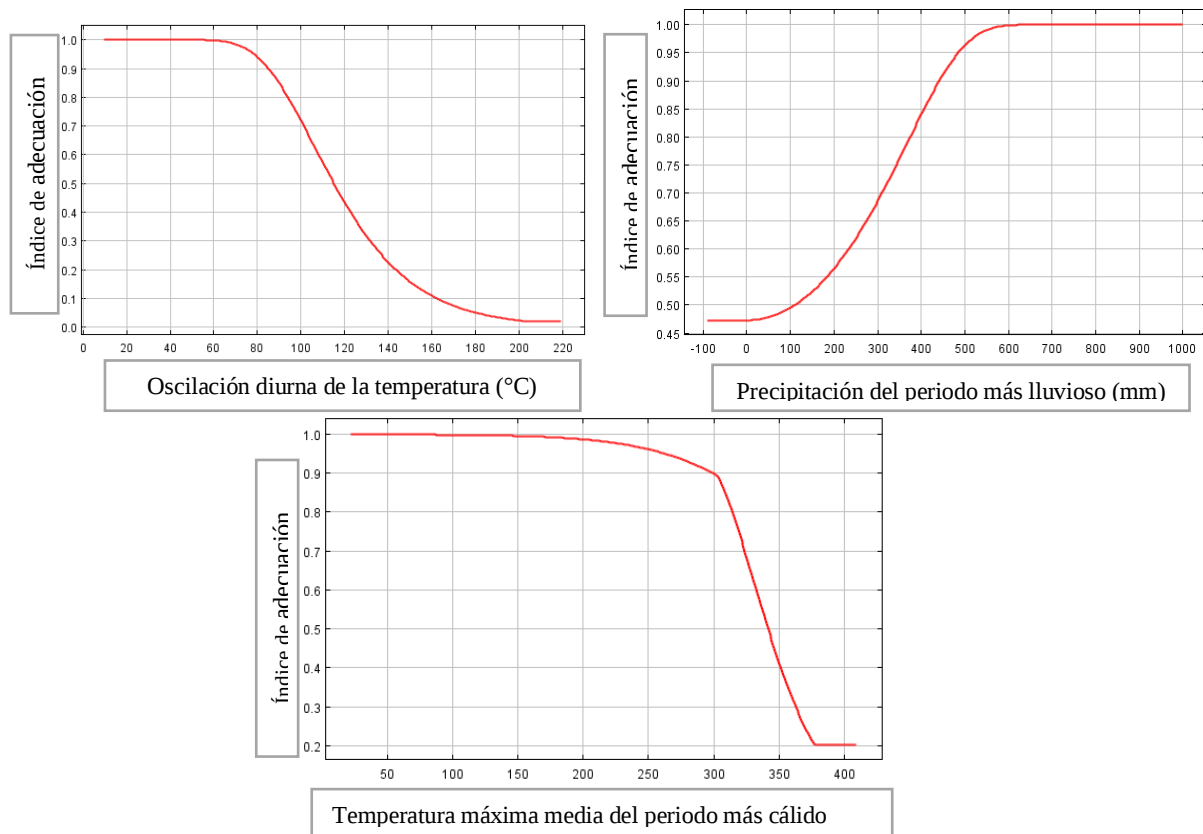


Figura 47: Variación de la adecuación climática para *Hyparrhenia rufa* en función Las variables de precipitación del periodo más lluvioso (mm), oscilación diurna de la temperatura y temperatura máxima media del periodo más cálido (°C).

- *Azaradirachta indica*

Las variables precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %), oscilación diurna de la temperatura (°C), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Azaradirachta indica* (Tabla 24). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue isothermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7), precipitación del periodo más lluvioso (mm), precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm).

Tabla 24: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Azaradirachta indica* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	18.7	8.4
Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	14.4	3.9
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	10.3	4.1
Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7)	9.3	1.2
Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	2.8	19.2
Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	4.6	15.7

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Azaradirachta indica* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 20 y 22 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 48). Por debajo de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del cuatrimestre más cálido (mm) influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 1600 mm (Fig. 48). La otra variable que influyó en el modelo fue la estacionalidad de la temperatura, indicando que la especie encuentra condiciones favorables con un coeficiente de 700% (Fig. 48).

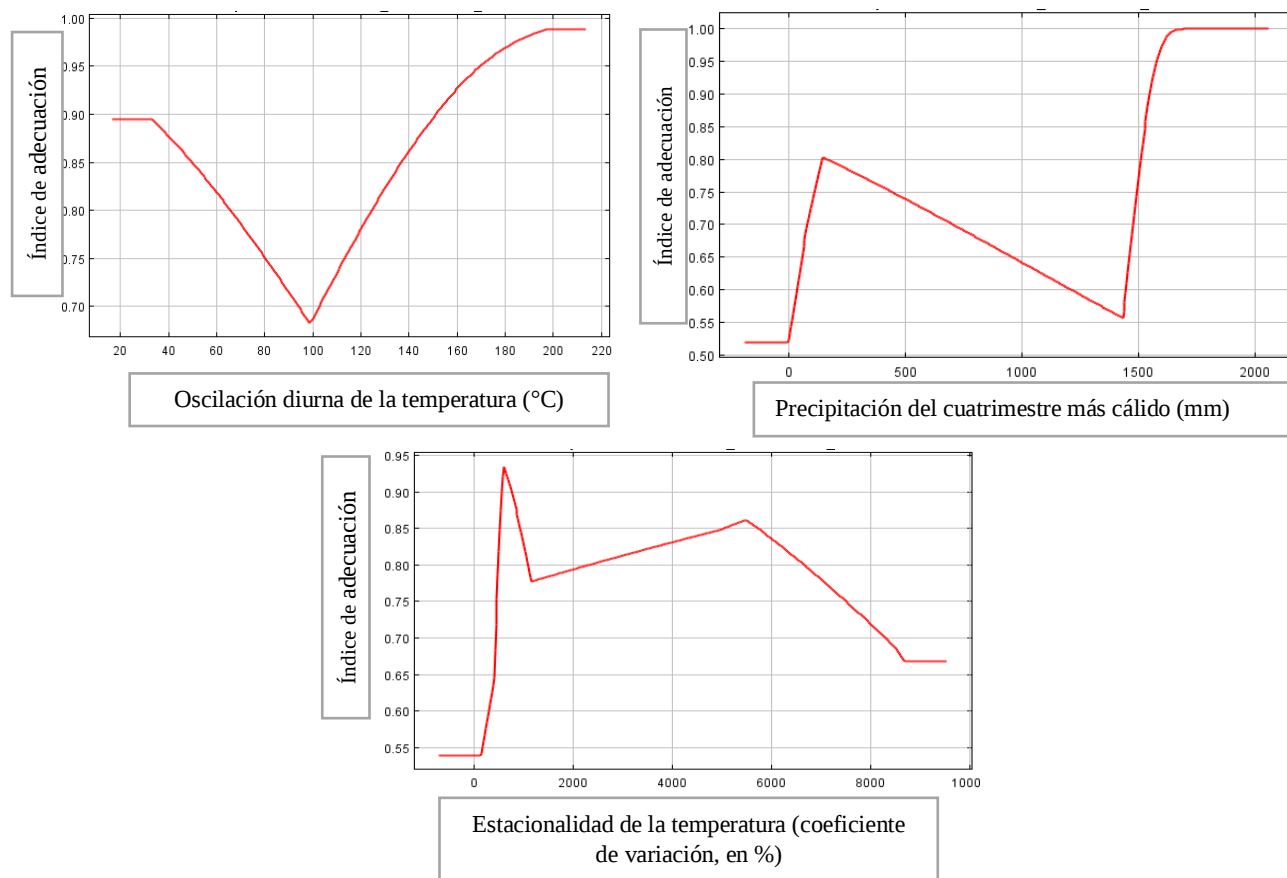


Figura 48: Variación de la adecuación climática para *Azaradirachta indica* en función a las variables de mayor importancia precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %), oscilación diurna de la temperatura (°C)

- *Senecio vulgaris L*

Las variables de precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), oscilación diurna de la temperatura (°C), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Senecio. Vulgaris L* (Tabla 25). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6).

Tabla 25: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Senecio vulgaris L* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	34.7	1.8
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	21.5	11
Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	17.6	42.4

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Senecio vulgaris L* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 4 y 7 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 49). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del precipitación del cuatrimestre más frío influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 110 mm (Fig. 49). La otra variable que influyó en el modelo fue la oscilación anual de la temperatura, indicando que la especie encuentra condiciones favorables entre los sitios con oscilaciones de 10 y 30 °C (Fig. 49).

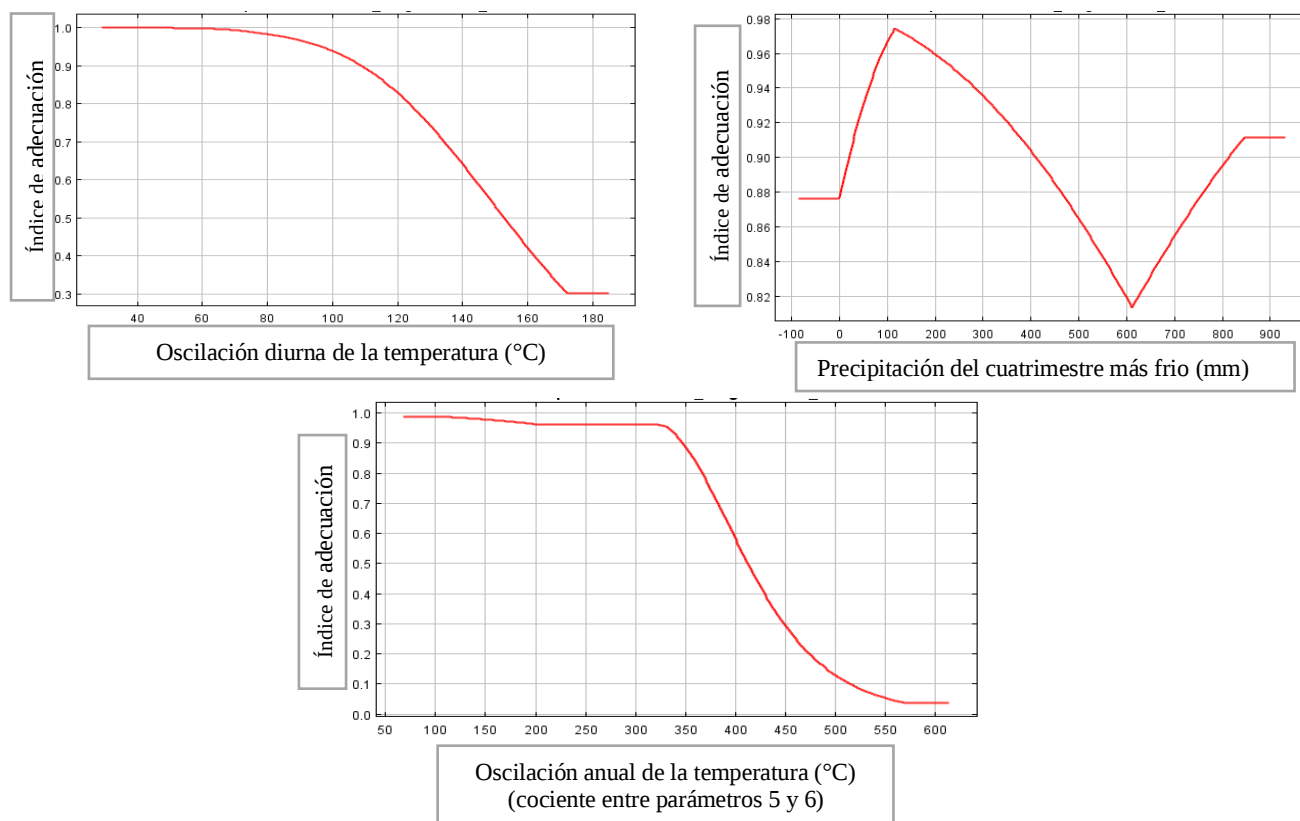


Figura 49: Variación de la adecuación climática para *Senecio vulgaris* en función a las variables de mayor importancia precipitación del cuatrimestre más frío (mm), oscilación diaria de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6).

- ***Terminalia catappa L***

Las variables de oscilación diurna de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más frío (mm), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Terminalia catappa* (Tabla 26). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue precipitación anual (mm).

Tabla 26: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Terminalia catappa* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	21.1	11.2
Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	21.1	17.8
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	20.9	3.4
Precipitación anual (mm)	2.5	19.5

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Terminalia catappa L* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 2 y 5 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 50). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del cuatrimestre más frío influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 100 mm (Fig. 50). La otra variable que influyó en el modelo fue las precipitaciones del cuatrimestre más cálido, indicando las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 500 mm (Fig. 50).

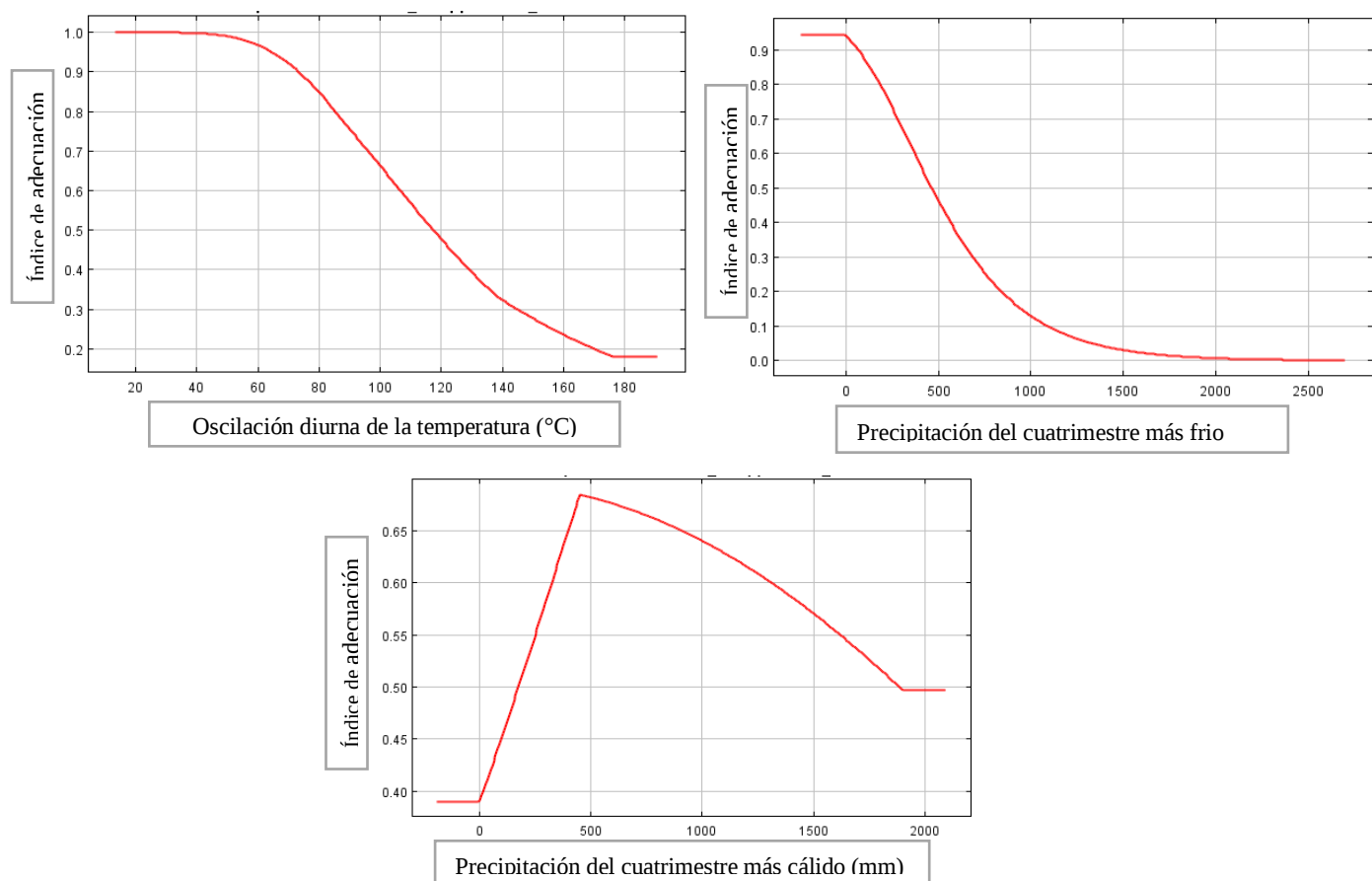


Figura 50: Variación de la adecuación climática para *Terminalia catappa* en función a las variables de mayor importancia, precipitación del cuatrimestre más frío (mm), oscilación diaria de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm).

- *Leucaena leucocephala*

Las variables de oscilación diurna de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Leucaena leucocephala* (Tabla 27). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue cuatrimestre más lluvioso (°C).

Tabla 27: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Leucaena leucocephala* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	31.4	44.4
Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	22.6	0.1
Cuatrimestre más lluvioso (°C)	2.8	15.5

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Leucaena leucocephala* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 4 y 6 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 51). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. La otra variable que influyó en el modelo fue la variación de oscilación anual de la temperatura, indicando que sitios con oscilaciones entre 4 y 6 °C, son los más favorables para la presencia de la especie 30 y 33 °C (Fig. 51).

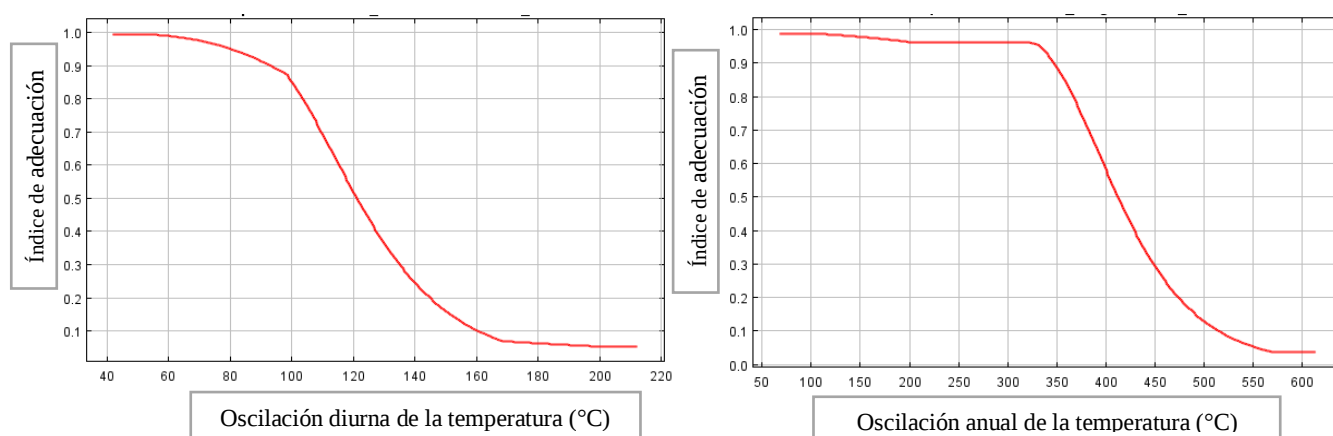


Figura 51: Variación de la adecuación climática para *Leucaena leucocephala* en función a las variables de mayor importancia, oscilación diurna de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6).

- *Setaria palmifolia*

Las variables de oscilación diurna de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Setaria palmifolia* (Tabla 28). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la precipitación anual (mm).

Tabla 28: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Setaria palmifolia* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	41.8	22.8
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	28.8	0.7
Precipitación anual (mm)	8.5	37.1

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Setaria palmifolia* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 4 y 7 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 52). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del cuatrimestre más cálido influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 350 mm (Fig. 52). La otra variable que influyó en el modelo fue las precipitaciones anuales, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 4000 mm en adelante (Fig. 52).

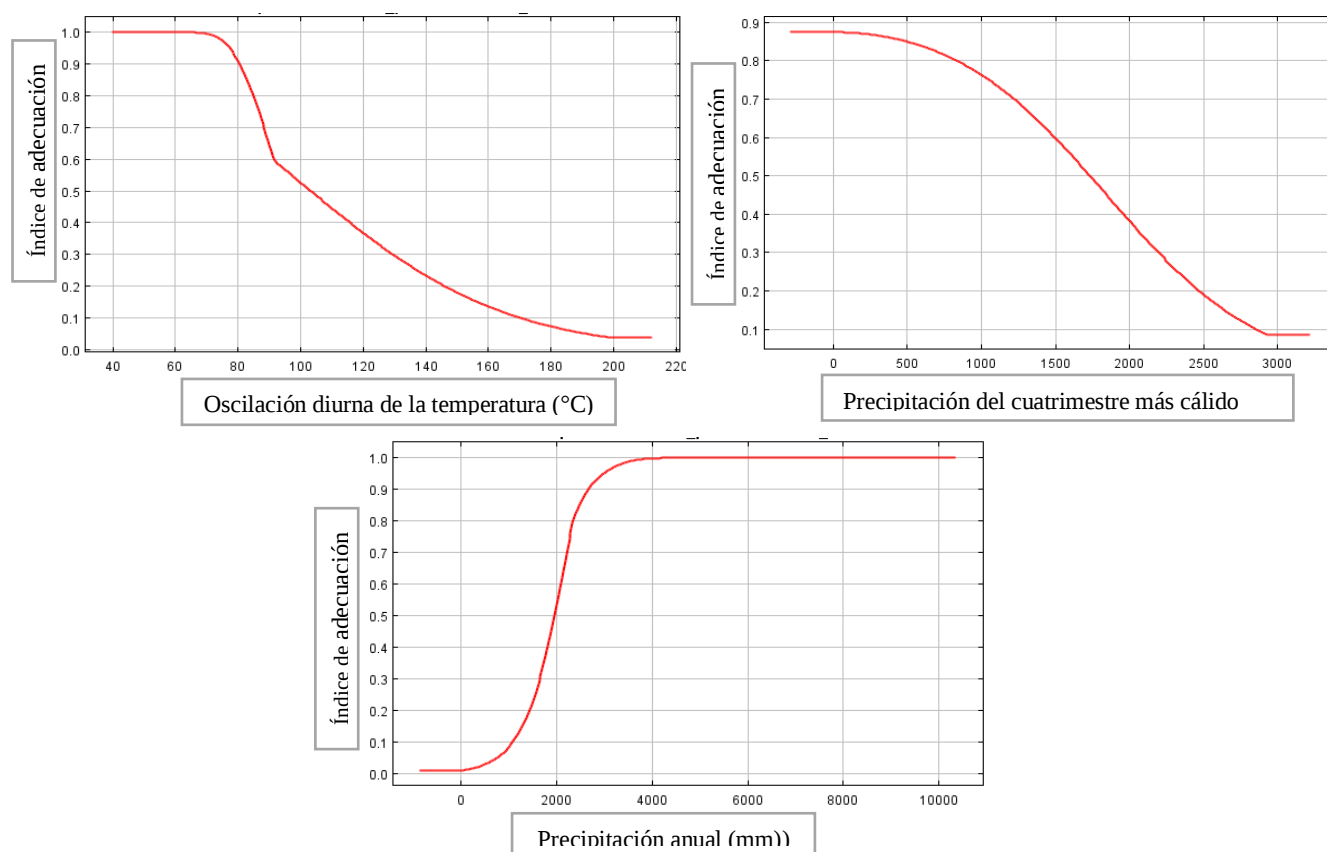


Figura 52: Variación de la adecuación climática para *Setaria palmifolia* en función a las variables de mayor importancia, oscilación diaria de la temperatura (°C), precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), precipitación anual (mm).

- *Festuca arundinacea*

Las variables de oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6), oscilación diurna de la temperatura (°C), estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Festuca arundinacea* (Tabla 29). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %).

Tabla 29: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Festuca arundinacea* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	41.3	2.3
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	35.2	17.6
Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	3.4	23.1
Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)	2.9	8.9

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Festuca arundinacea* en función de la variación de la oscilación diurna de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 4 y 6 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 53). Por encima de estas oscilaciones disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la oscilación anual de la temperatura, los sitios con oscilaciones entre 50 y 70 °C (Fig. 53). La otra variable que influyó en el modelo fue la estacionalidad de la temperatura de la especie encuentra condiciones favorables entre un coeficiente de variación de 3000% (Fig. 53).

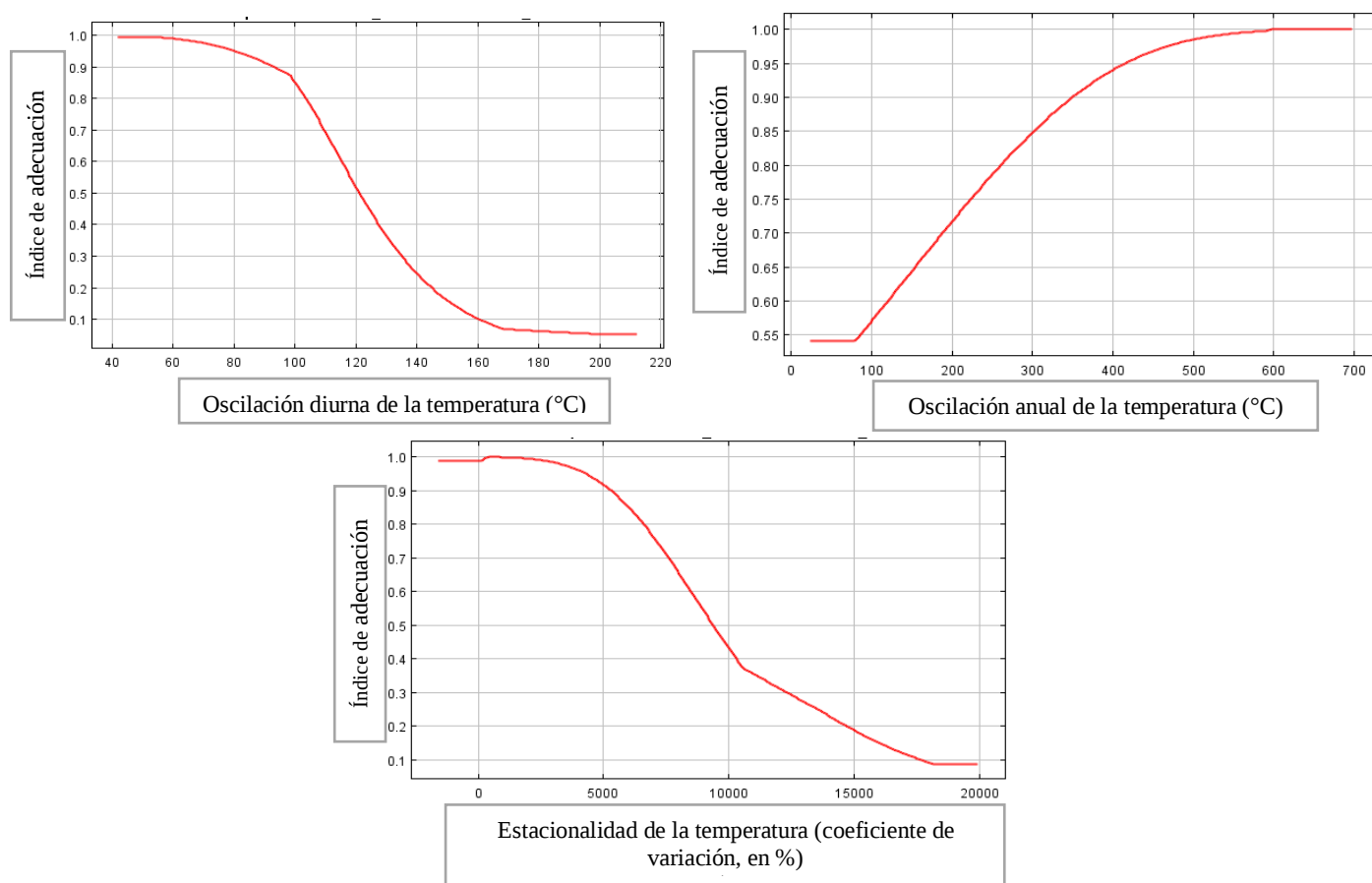


Figura 53: Variación de la adecuación climática para *Festuca arundinacea* en función a las variables de mayor importancia, oscilación diaria de la temperatura (°C), oscilación anual de la temperatura (°C), Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %).

- ***Cenchrus echinatus***

Las variables de temperatura mínima media del periodo más frío (°C), precipitación del cuatrimestre más frío (mm), Precipitación del periodo más lluvioso (mm), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Cenchrus echinatus* (Tabla 30). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la estacionalidad de la precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm) y oscilación diurna de la temperatura (°C).

Tabla 30: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Cenchrus echinatus* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Temperatura mínima media del periodo más frío (°C)	34.7	10.9
Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	15.6	2.4
Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	6.9	18.9
Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	3.1	15
Oscilación diurna de la temperatura (°C)	1.9	13

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Cenchrus echinatus* en función de la temperatura mínima media del periodo más frío, los sitios con condiciones favorables están entre 20 y 25 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 54). Por debajo de estas temperaturas disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del cuatrimestre más frío (mm) influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 1800 mm (Fig. 54). La otra variable que influyó en el modelo fue las precipitaciones del periodo más lluvioso, indicando que la especie encuentra condiciones en sitios donde las precipitación supere los 700 mm (Fig. 54).

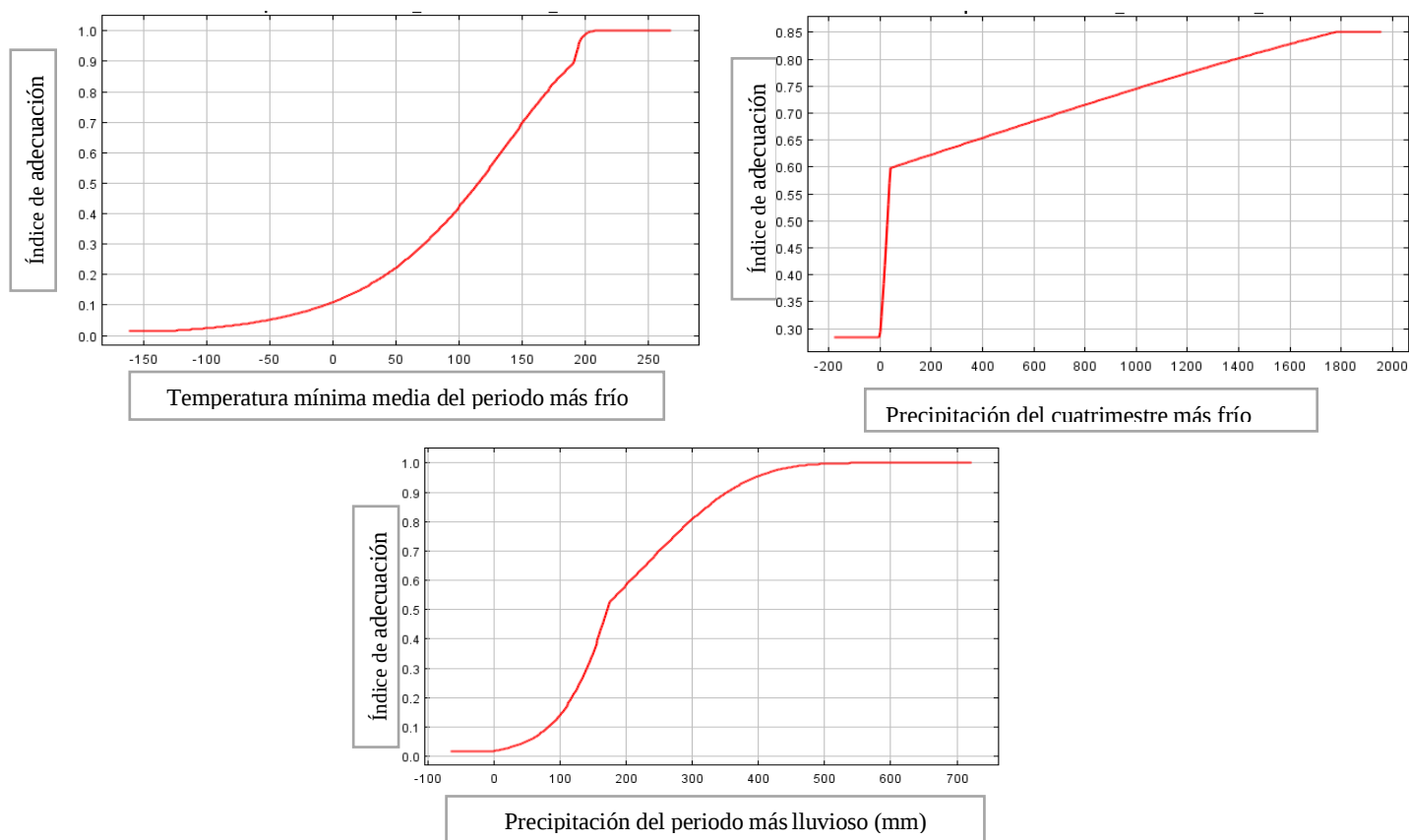


Figura 54: Variación de la adecuación climática para *Cenchrus echinatus* en función a las variables de mayor importancia, temperatura mínima media del periodo más frío (°C), precipitación del cuatrimestre más frío (mm), precipitación del periodo más lluvioso.

- ***Spartium junceum L***

Las variables de precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), temperatura media anual (°C), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Spartium junceum L* (Tabla 31). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la estacionalidad de la precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm) y oscilación diurna de la temperatura (°C).

Tabla 31: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Spartium junceum L* en Ecuador continental.

Variable	% de Contribucion	Importancia de Permutacion
Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	40.3	12.1
Temperatura media anual (°C)	15.5	16.1
Precipitación anual (mm)	8.7	25.8

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Spartium junceum L* en función de la temperatura media anual, los sitios con temperatura entre 15 y 20 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 55). Por encima de estas temperaturas disminuye la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del cuatrimestre más cálido influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación que mantenga 200 mm (Fig. 55). La otra variable que influyó en el modelo fue las precipitaciones anuales, indicando que las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación que mantenga 500 mm (Fig. 55).

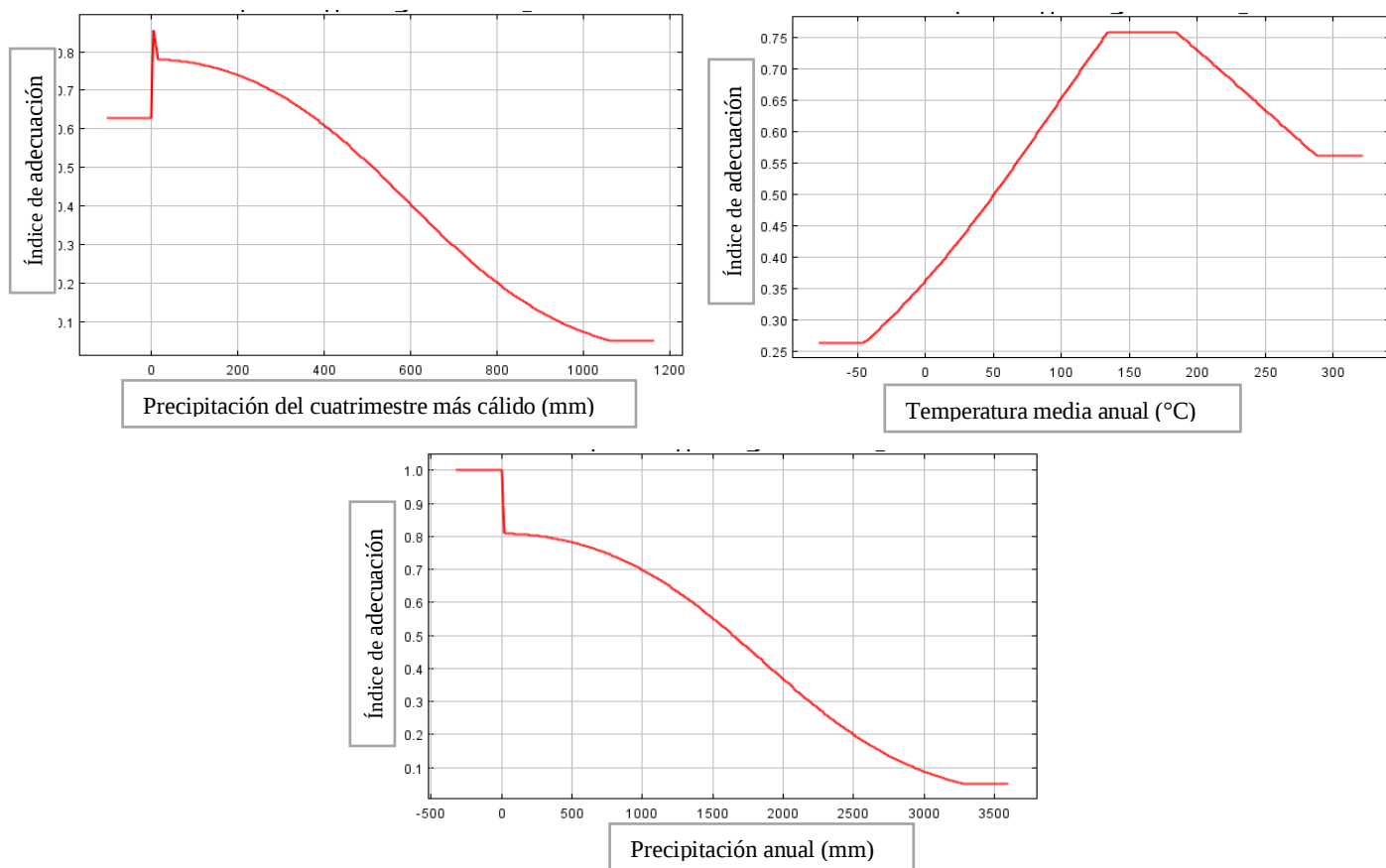


Figura 55: Variación de la adecuación climática para *Spartium junceum L* en función a las variables de mayor importancia, precipitación del cuatrimestre más cálido (mm), temperatura media anual (°C), precipitación anual (mm).

- *Coix lacryma-jobi*

Las variables de precipitación del periodo más lluvioso (mm), estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %), temperatura máxima media del periodo más cálido (°C), tuvieron mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Coix lacryma-jobi*, (Tabla 32). Las variables de menor aporte o relación con el modelo fue la precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm) y temperatura mínima media del periodo más frío (°C).

Tabla 32: Variables bioclimáticas de mayor porcentaje de contribución al modelo de nicho ecológico de *Coix lacryma-jobi*, en Ecuador continental.

Variable	% de Contribución	Importancia de Permutación
Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	13.6	14.5
Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)	11.9	10
Temperatura máxima media del periodo más cálido (°C)	9.9	1.9
Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)	9.1	2.5
Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	7.9	5.5
Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	3.8	12.1
Temperatura mínima media del periodo más frío (°C)	1.2	10.7

Según el comportamiento de la probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la presencia de *Coix lacryma-jobi* en función de la temperatura máxima media del periodo más cálido, los sitios con temperaturas entre 40 y 45 °C, son los más favorables para la presencia de la especie (Fig. 56). Por encima de estas oscilaciones se mantiene la probabilidad de adecuación. Igualmente la cantidad de precipitaciones del periodo más lluvioso influyó en el modelo de nicho ecológico, y las mejores condiciones se localizarían en sitios donde las precipitación supere los 400 mm (Fig. 56). La otra variable que influyó en el modelo fue la estacionalidad de la precipitación, indicando que la especie encuentra condiciones favorables con coeficiente de variación de 100% (Fig. 56).

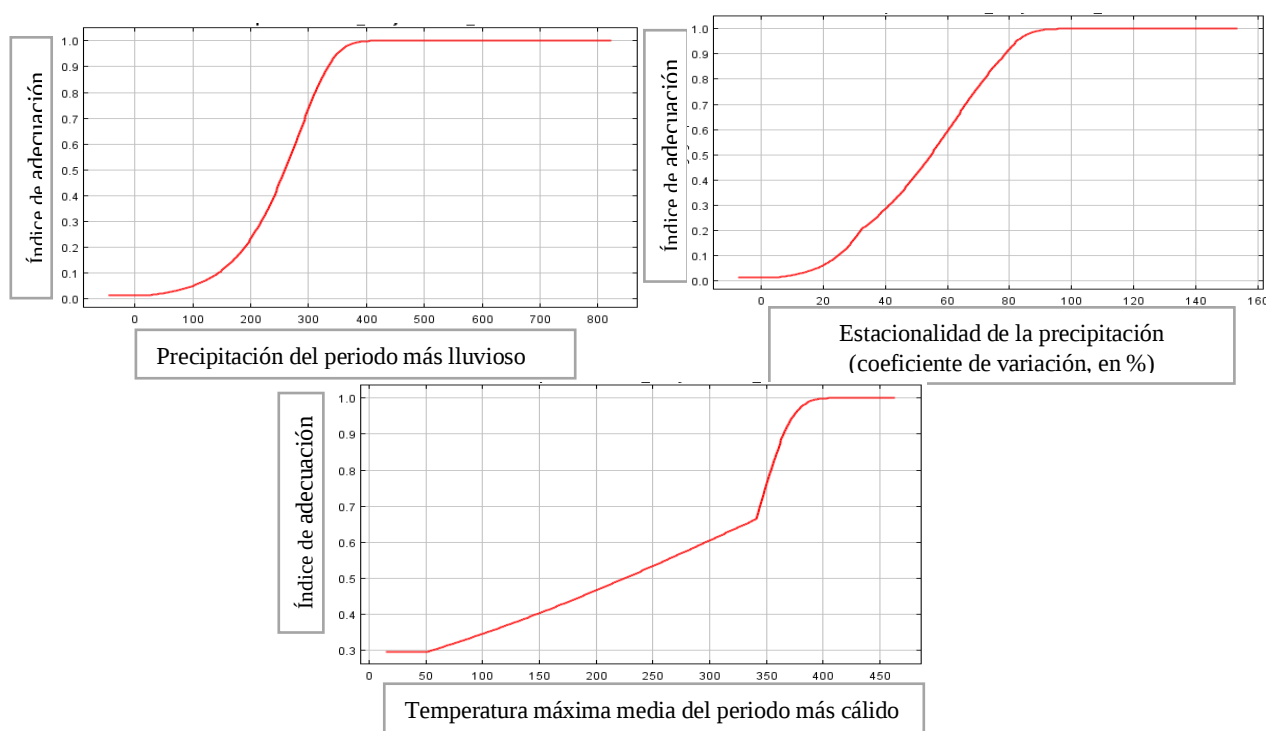


Figura 56: Variación de la adecuación climática para *Coix lacryma-jobi* en función a las variables de mayor importancia, Precipitación del periodo más lluvioso (mm), estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %), temperatura máxima media del periodo más cálido (°C).

4.1.3. Evaluación de la equivalencia, expansión o no ocupación del nicho climático de las especies exóticas invasoras ante escenario de cambio climático.

- *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf

En lo que respecta a la especie *Hyparrhenia rufa*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial de la especie se mantuvo sin cambios. En la región Sierra la especie se contrae bajo los cuatro escenarios, en las provincias de Loja, Azuay, Cotopaxi y Bolívar. El rango de expansión es menor al del área de distribución geográfica de la especie para los cuatro escenarios analizados (Fig.57).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *H. rufa* posee un rango de contracción de 14643.68 Km² y el rango de expansión fue de 1338.71 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 9092.53 Km² y el rango de expansión fue de 1456.89 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 14364.01 Km² y el rango de expansión fue de 1557.70 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 14364.01 Km² y el rango de expansión fue de 1557.70 Km² (Tabla.33)

Tabla 33: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución de *Hyparrhenia rufa* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	1338.71	1456.89	1557.70	997.56
0	Sin ocupación	3622.09	3453.13	3493.65	4041.36
1	Sin cambios	202232.65	207806.26	234909.95	228642.80
2	Rango de contracción	14643.68	9092.53	14364.01	20617.03

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf

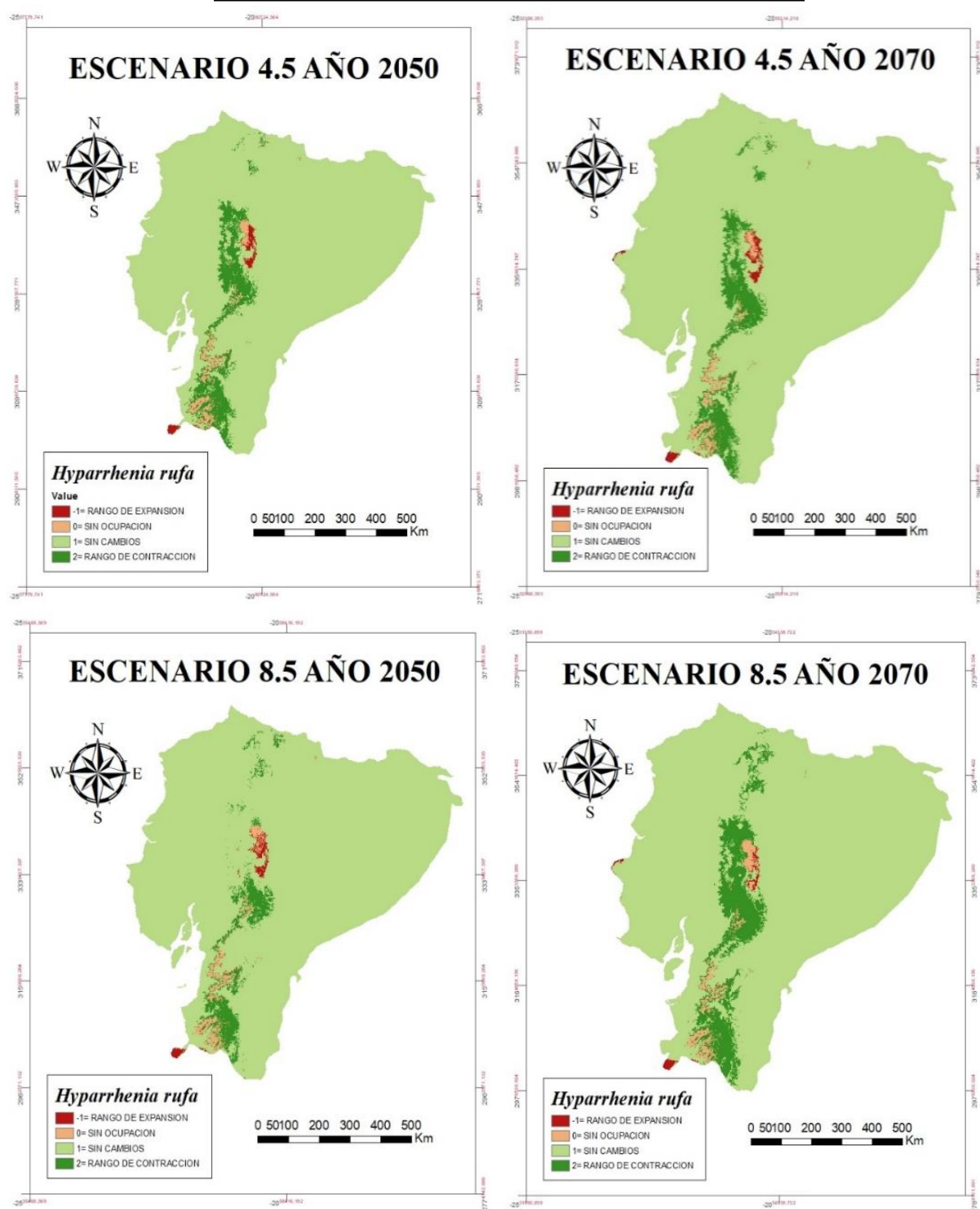


Figura 57: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Hyparrhenia rufa* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Azadirachta indica*. A. Juss**

En lo que respecta a la especie *Azadirachta indica*, bajo los dos escenarios moderados (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 la mayor extensión geográfica de la especie es en la región de la Costa Ecuatoriana y gran área de la región Sierra, mientras que en la en las provincias de Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza no existe mayor ocupación de la especie, la especie solo se expande en la frontera de la regios Amazónica del Ecuador. Para los dos escenarios extremos restantes (RCP 8.5) para el año 2050 y 2070 la especie se expande en gran magnitud en las provincias de Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza y en mayor escala en el año 2070. Para los cuatros escenarios futuros la especie no presenta cambios significativos en la Costa Ecuatoriana (Fig.58).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Azadirachta indica* posee un rango de contracción de 148503 Km² y el rango de expansión fue de 37459 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 49794.18 Km² y el rango de expansión fue de 3563.98 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 2287.07 Km² y el rango de expansión fue de 53560.85 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 278.07 Km² y el rango de expansión fue de 102461.68 Km² (Tabla.35)

Tabla 34: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Azadirachta indica* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	37459.52	49794.18	53560.85	102461.68
0	Sin ocupación	64155.45	51763.40	57081.51	8188.70
1	Sin cambios	118737.12	116687.54	141395.76	143370.29
2	Rango de contracción	1485.03	3563.98	2287.17	278.07

Azadirachta indica A. Juss

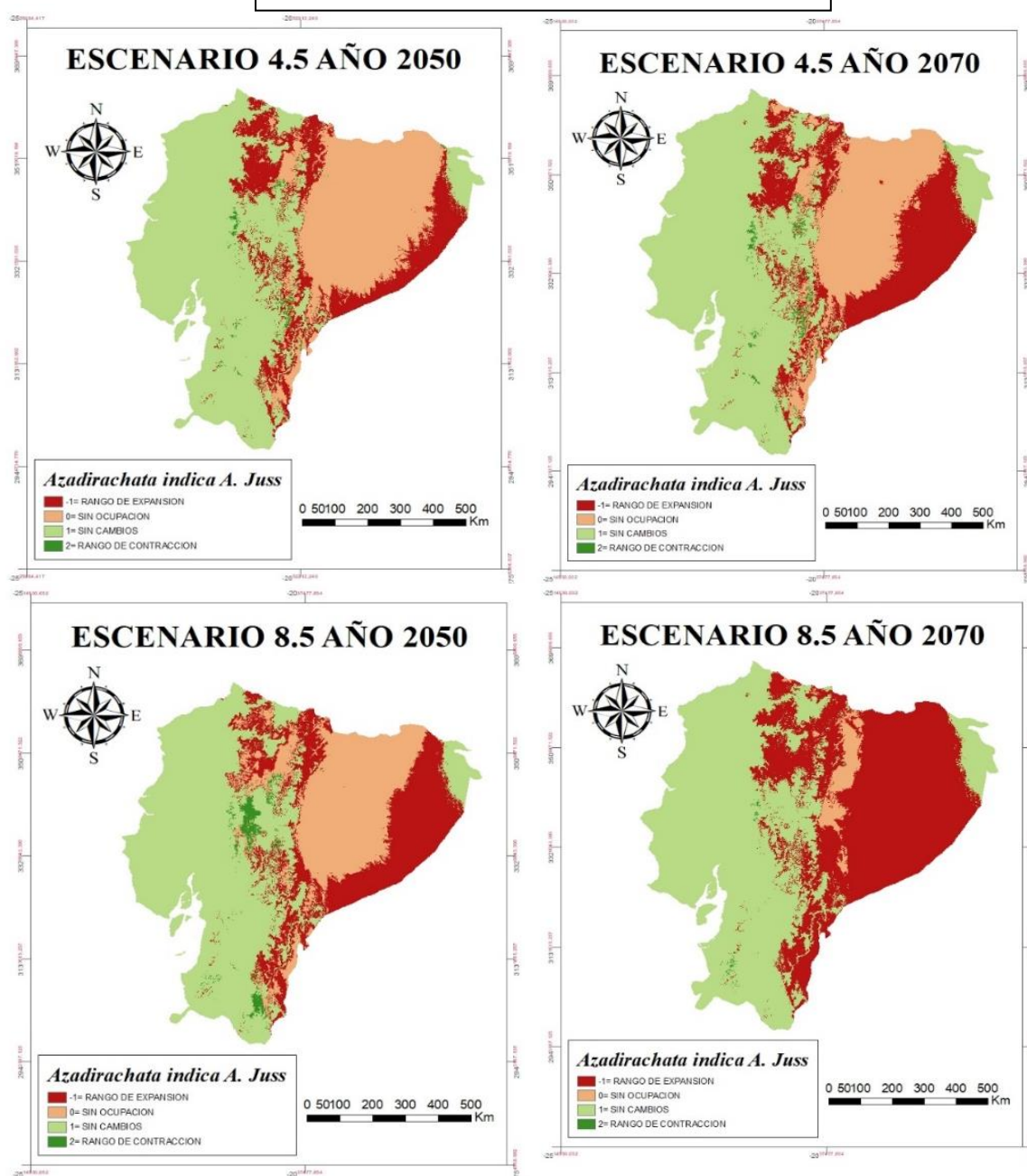


Figura 58: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Azadirachta indica* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- *Senecio vulgaris L*

En lo que respecta a la especie *Senecio vulgaris L*, bajo los dos escenarios moderados (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 la mayor extensión geográfica de la especie es en la región del Oriente Ecuatoriano y los límites periféricos de la costa no presentan cambios. La especie entra en un rango de contracción en gran área de la región sierra y gran parte de la región Costa. Para los dos escenarios extremos restantes (RCP 8.5) para el año 2050 y 2070 la especie se expande en gran magnitud en las provincias de Napo, Imbabura y Cotopaxi, Pichincha, Carchi y en mayor escala en el año 2070. La especie no presenta cambios en la región del Oriente Ecuatoriano y los límites periféricos de la costa, mantiene su distribución (Fig.59).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Senecio vulgaris L* posee un rango de contracción de 8842.17 Km² y el rango de expansión fue de 24863.06 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 5855.51 Km² y el rango de expansión fue de 35880.12 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 12428.99 Km² y el rango de expansión fue de 23187.56 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 9072.79 Km² y el rango de expansión fue de 38930.95 Km² (Tabla.35)

Tabla 35: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Senecio vulgaris L* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	24863.06	35880.12	23187.56	38930.95
0	Sin ocupación	79139.26	68075.17	86546.46	70991.22
1	Sin cambios	108992.64	111998.00	132162.29	135303.79
2	Rango de contracción	8842.17	5855.51	12428.99	9072.79

Senecio vulgaris L

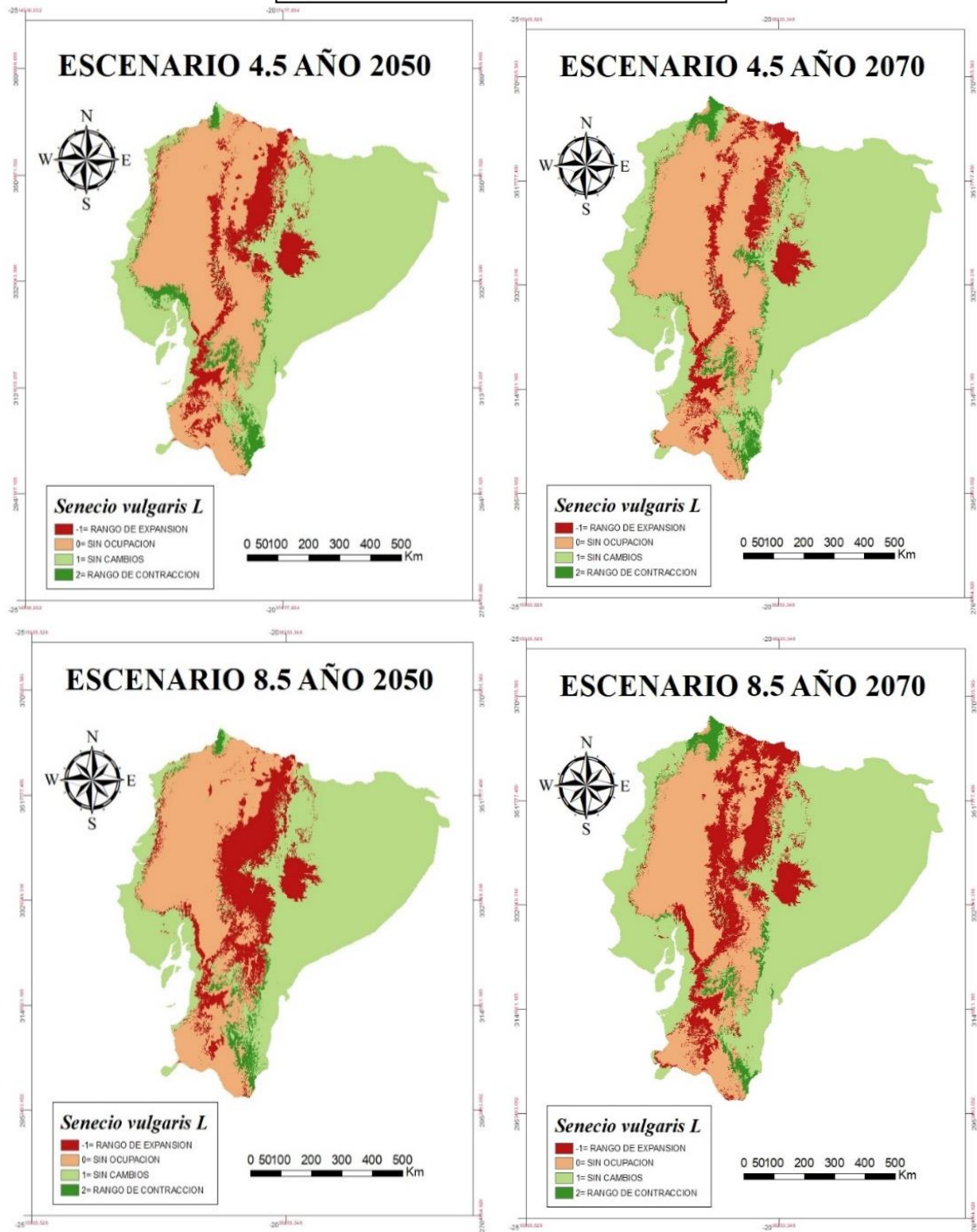


Figura 59: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Senecio vulgaris L* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Terminalia catappa L***

En lo que respecta a la especie *Terminalia catappa L*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial se mantuvo sin cambios. En algunas áreas de la región Sierra la especie se contrae en los cuatro escenarios. Bajo escenarios la especie se contrae en las provincias de Imbabura, Pichincha, Bolívar y Cotopaxi. El rango de expansión es menor al del área de distribución geográfica de la especie para los cuatro escenarios analizados (Fig.60).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Terminalia catappa L* posee un rango de contracción de 26309.59 Km² y el rango de expansión fue de 2072.88 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 20158.93 Km² y el rango de expansión fue de 2710.71 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 24410.80 Km² y el rango de expansión fue de 3146.14 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 24895.31 Km² y el rango de expansión fue de 3390.50 Km² (Tabla.36).

Tabla 36: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Terminalia catappa L* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	2072.88	2710.71	3146.14	3390.50
0	Sin ocupación	13909.50	13223.80	13246.97	13065.52
1	Sin cambios	179545.15	185715.37	213521.38	212947.47
2	Rango de contracción	26309.59	20158.93	24410.80	24895.31

Terminalia catappa L

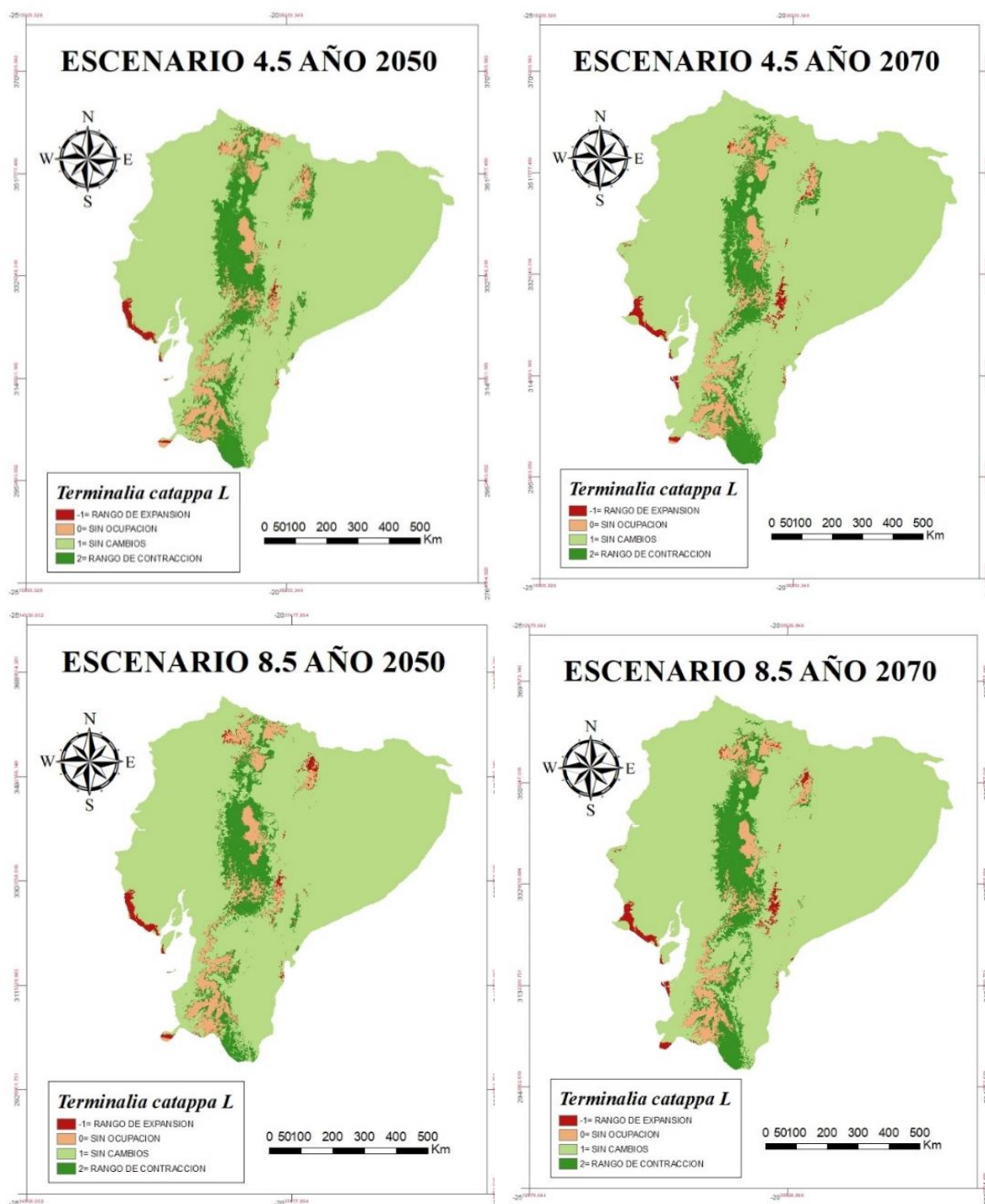


Figura 60: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Terminalia catappa L* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Leucaena leucocephala***

En lo que respecta a la especie *Leucaena leucocephala*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial se mantuvo sin cambios, en algunas áreas de la región Amazónica del Ecuador la especie se expande en áreas delimitadas en las provincias de Sucumbios Pastaza y Zamora Chinchipe, en los cuatro escenarios analizados. El rango de expansión es menor al del área de distribución geográfica de la especie para los cuatro escenarios analizados (Fig.61).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Leucaena leucocephala* posee un rango de contracción de 1322.03 Km² y el rango de expansión fue de 13044.41 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 1273.38 Km² y el rango de expansión fue de 13237.77 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 2260.16 Km² y el rango de expansión fue de 13096.98 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 86.04 Km² y el rango de expansión fue de 14448.38 Km² (Tabla.37).

Tabla 37: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Leucaena leucocephala* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	13044.41	13237.77	13096.98	14448.38
0	Sin ocupación	1114.10	977.16	1442.18	82.30
1	Sin cambios	206356.59	206320.50	237525.99	239682.02
2	Rango de contracción	1322.03	1273.38	2260.16	86.04

Leucaena leucocephala

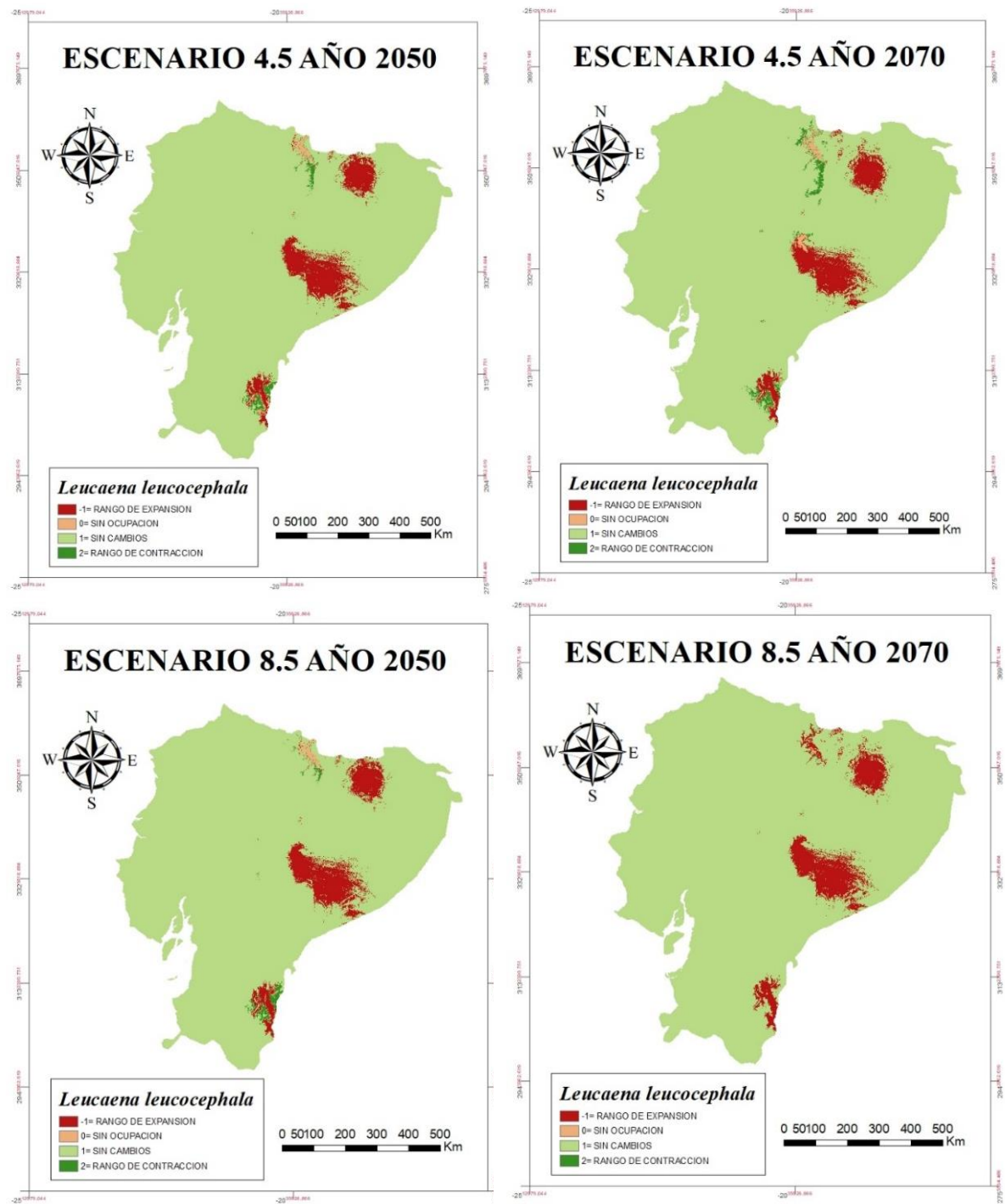


Figura 61: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Leucaena leucocephala* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- *Setaria palmifolia*

En lo que respecta a la especie *Setaria palmifolia*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial en el país está distribuida en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, se mantuvo sin cambios bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental. En algunas áreas de la región sierra no hay ocupación para la especie ya que las condiciones climáticas no son favorables. La especie se contrae en la Región Amazónica del país en los análisis efectuados para los cuatro escenarios. El rango de expansión es menor al del área de distribución geográfica de la especie para los cuatro escenarios (Fig.62).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Setaria palmifolia* posee un rango de contracción de 88005.81 Km² y el rango de expansión fue de 447.95 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 93600.57 Km² y el rango de expansión fue de 309.26Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 92253.68 Km² y el rango de expansión fue de 965.18 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 98894.16 Km² y el rango de expansión fue de 871.62 Km² (Tabla.38).

Tabla 38: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Setaria palmifolia* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	447.95	309.26	965.18	871.62
0	Sin ocupación	85021.63	85098.62	98600.00	98717.10
1	Sin cambios	48361.74	42800.36	62506.45	55815.87
2	Rango de contracción	88005.81	93600.57	92253.68	98894.16

Setaria palmifolia

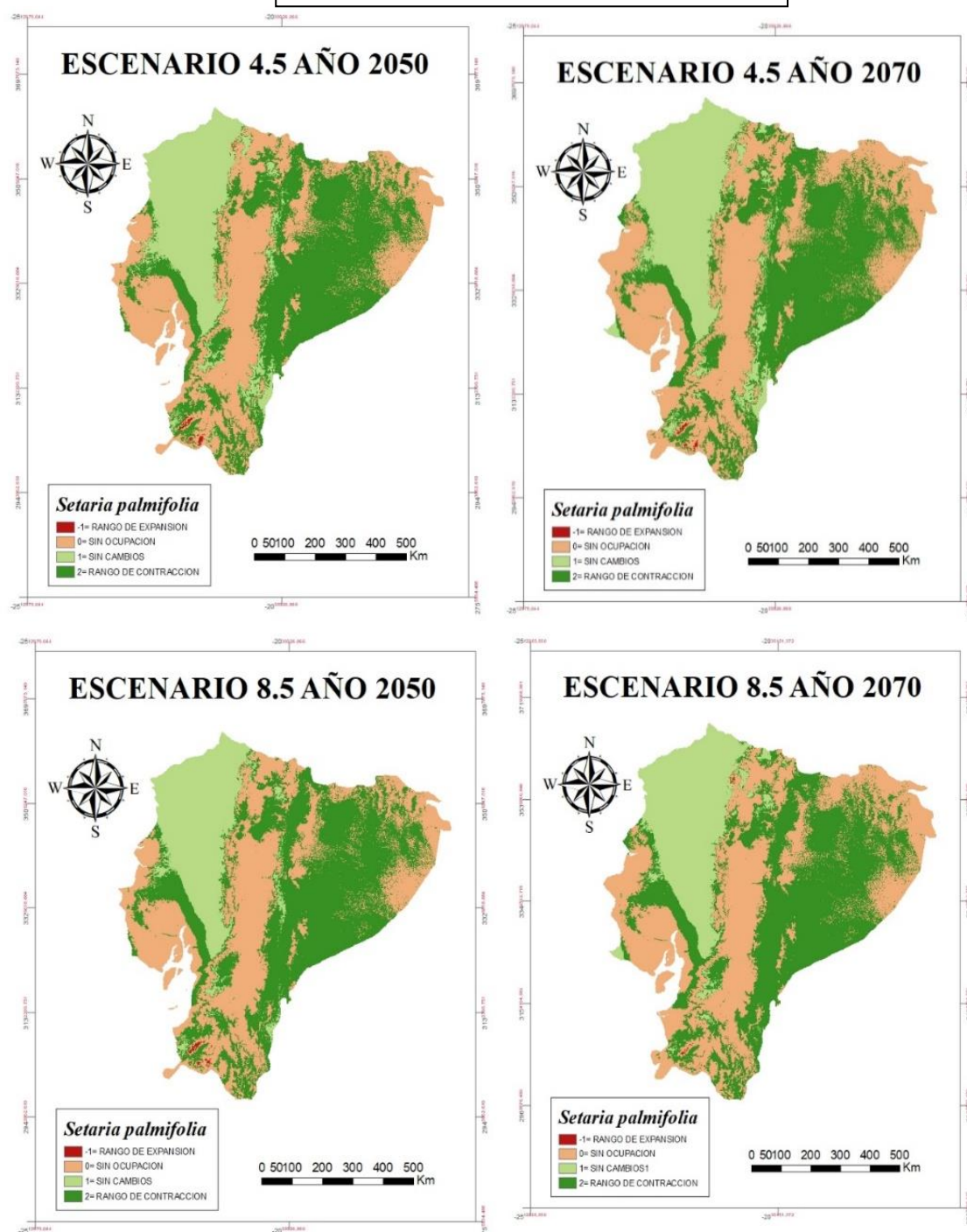


Figura 62: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Setaria palmifolia* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Festuca arundinacea***

En lo que respecta a la especie *Festuca arundinacea*, bajo los dos escenarios moderados (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 la mayor extensión geográfica de la especie es en la región de la costa Ecuatoriana y gran área de la región Costa y Sierra, mientras que en la en las provincias de Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza no existe mayor ocupación de la especie para el escenario (RCP 4.5) del año 2050, la especie para este escenario se expande en la frontera de la regios Amazónica del Ecuador. Para el escenario moderado (Rcp 4.5) del año 2070 la especie se expande en las provincias Sucumbíos, Orellana, Pastaza, abarcando gran superficie territorial de las provincias. Para los dos escenarios extremos restantes (RCP 8.5) para el año 2050 y 2070 la especie se expande en gran magnitud en las provincias de Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza y una gran extensión territorial de Morona Santiago y en mayor escala en el año 2070. Para los cuatros escenarios futuros la especie no presenta cambios significativos en la Costa y Sierra Ecuatoriana (Fig.63).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Festuca arundinacea* posee un rango de contracción de 1540.37 Km² y el rango de expansión fue de 1540.37 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 1690.49 Km² y el rango de expansión fue de 62742.58 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 2646.02 Km² y el rango de expansión fue de 65887.46 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 1568.66 Km² y el rango de expansión fue de 83751.23 Km² (Tabla.39).

Tabla 39: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Festuca arundinacea* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	38880.11	62742.58	65887.46	83751.23
0	Sin ocupación	49554.20	25691.73	31000.36	13136.59
1	Sin cambios	131878.75	131728.63	154764.88	155842.26
2	Rango de contracción	1540.37	1690.49	2646.02	1568.66

Festuca arundinacea

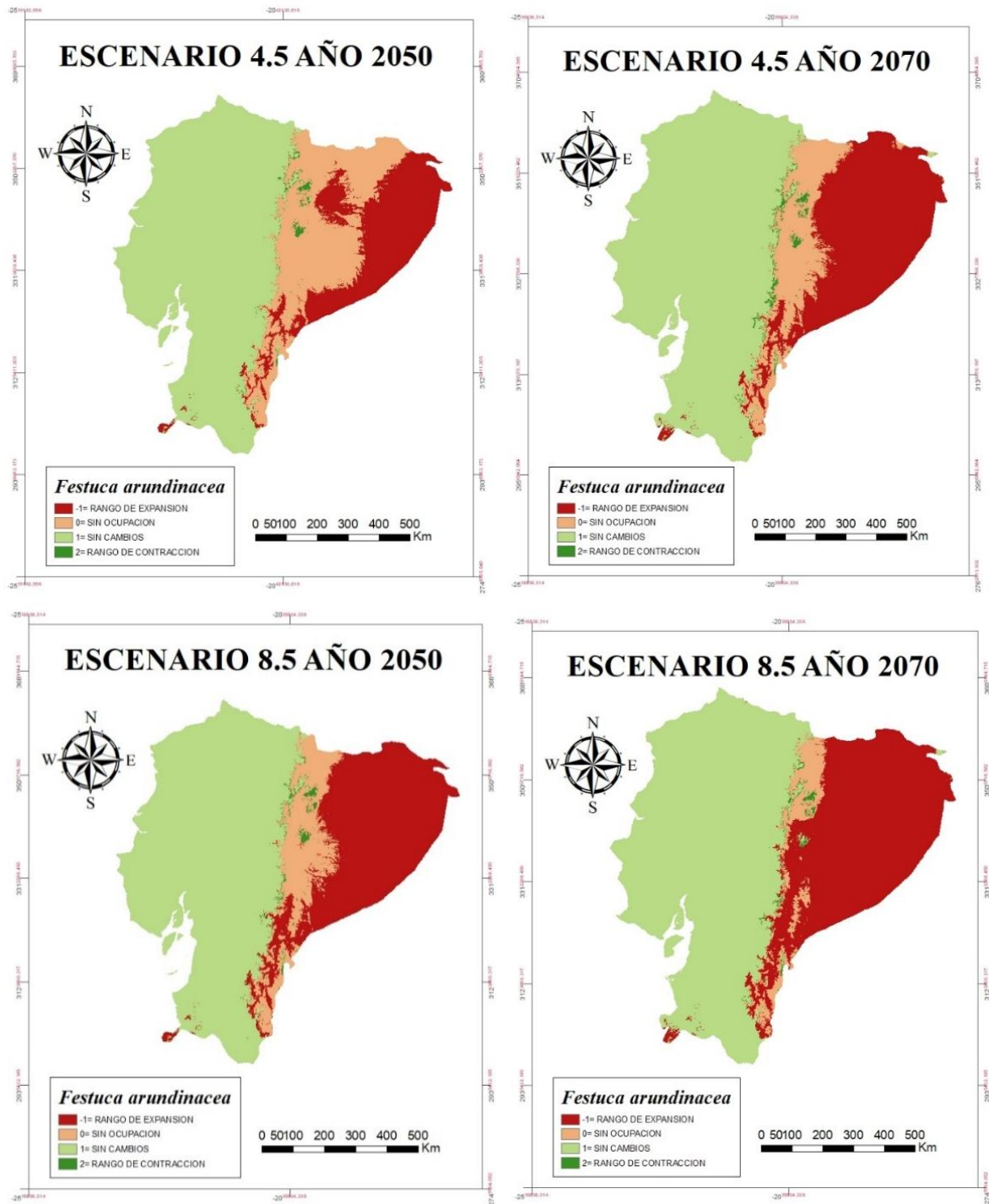


Figura 63: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Festuca arundinacea* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Cenchrus echinatus***

En lo que respecta a la especie *Cenchrus echinatus*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial se mantuvo sin cambios; En algunas áreas de las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Pichincha la especie se expande los cuatro escenarios futuros. El rango de expansión es menor al del área de distribución geográfica de la especie en la zona de Ecuador continental para los cuatro escenarios analizados (Fig.64).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Cenchrus echinatus* posee un rango de contracción de 109.10 Km² y el rango de expansión fue de 10603.16 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 1269.66 Km² y el rango de expansión fue de 10167.49 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 190.99 Km² y el rango de expansión fue de 11168.49 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 236.92 Km² y el rango de expansión fue de 12884.71 Km² (Tabla.40).

Tabla 40: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Cenchrus echinatus* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	10603.16	10167.49	11168.49	12884.71
0	Sin ocupación	2973.92	3415.87	3794.57	2053.72
1	Sin cambios	208150.96	206955.79	239171.26	239123.39
2	Rango de contracción	109.10	1269.66	190.99	236.92

Cenchrus echinatus

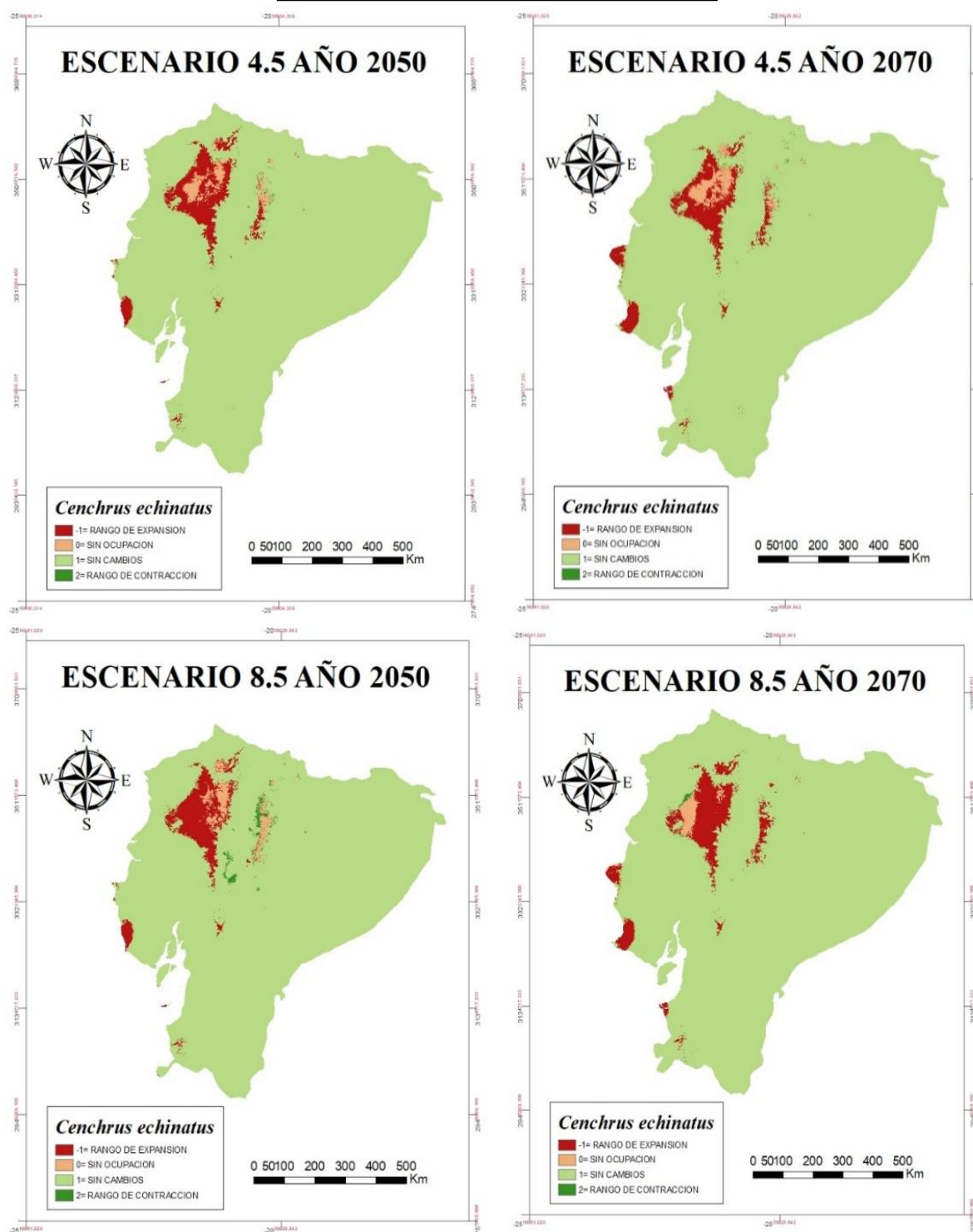


Figura 64: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Cenchrus echinatus* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- *Spartium junceum L*

En lo que respecta a la especie *Spartium junceum L*, bajo la comparación de los cuatro escenarios presente y futuro para la zona de Ecuador continental; La mayor extensión del área geográfica potencial se mantuvo sin ocupación; En las regiones Costa y Oriente principalmente, y sin cambios en la región Sierra. Siendo así el rango de expansión en los linderos de la región Sierra hacia la Costa y de los linderos de la región Sierra hacia el Oriente (Fig.65).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Spartium junceum* posee un rango de contracción de 1313.04 Km² y el rango de expansión fue de 17192.75 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 1804.35 Km² y el rango de expansión fue de 16228.87 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 6945.37 Km² y el rango de expansión fue de 16531.00 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 6025.25 Km² y el rango de expansión fue de 23307.94 Km² (Tabla.41).

Tabla 41: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Spartium junceum* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	17192.75	16228.87	16531.00	23307.94
0	Sin ocupación	47622.73	48571.18	66412.13	59619.26
1	Sin cambios	55708.61	55204.42	64436.80	65346.29
2	Rango de contracción	1313.04	1804.35	6945.37	6025.25

Spartium junceum

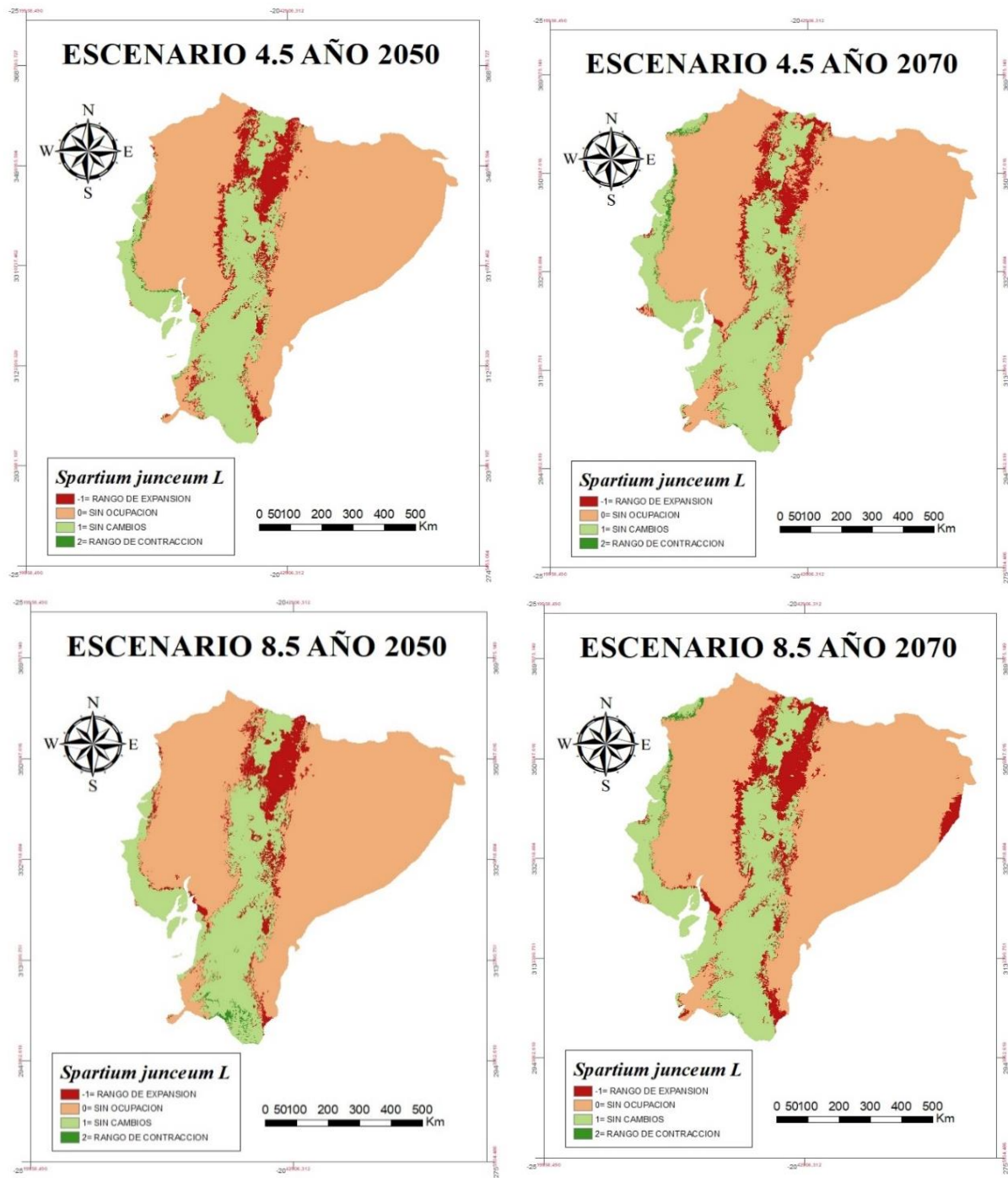


Figura 65: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Spartium junceum* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

- ***Coix lacryma-jobi***

En lo que respecta a la especie *Coix lacryma-jobi*, bajo los dos escenarios moderados (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 la mayor extensión geográfica de la especie es en la región del Oriente Ecuatoriano y de la Región Costa no presentan cambios. La especie entra en un rango de contracción en la provincia de Sucumbíos en el escenario (RCP 4.5) para el año 2070. Para ambos escenarios moderados la especie se expande en la provincia de Imbabura y Carchi. El resto de provincias pertenecientes a la región Sierra no presentan ocupación de la especie. Para el escenario extremos (RCP 8.5) para el año 2070 la especie se expande en gran magnitud en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi, la especie se contrae para este escenario en los límites periféricos de la Costa Ecuatoriana. Para el escenario extremos (RCP 8.5) para el año 2050 la especie no presenta cambios en la región del Oriente Ecuatoriano y la región de la Costa (Fig.66).

Entre el escenario actual y futuro para el año 2050 bajo un escenario moderado (RCP 4.5) la especie *Coix lacryma-jobi* posee un rango de contracción de 8459.68 Km² y el rango de expansión fue de 11351.45 Km². Para el año 2050 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 21898.07 Km² y el rango de expansión fue de 6719.95 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 4.5) la especie posee un rango de contracción de 24206.77 Km² y el rango de expansión fue de 14044.46 Km². Para el año 2070 bajo un escenario extremo (RCP 8.5) la especie posee un rango de contracción de 24721.98 Km² y el rango de expansión fue de 24820.49 Km² (Tabla.42).

Tabla 42: Variaciones en la extensión del área que ocupa la distribución *Coix lacryma-jobi* en Ecuador continental

Escala	Descripción	4.5_2050	8.5_2050	4.5_2070	8.5_2070
		Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)	Área (Km ²)
-1	Rango de expansión	11351.45	6719.95	14044.46	24820.49
0	Sin ocupación	21234.55	25884.96	24053.98	13220.14
1	Sin cambios	180791.45	167305.82	192020.09	191536.13
2	Rango de contracción	8459.68	21898.07	24206.77	24721.98

Coix lacryma-jobi

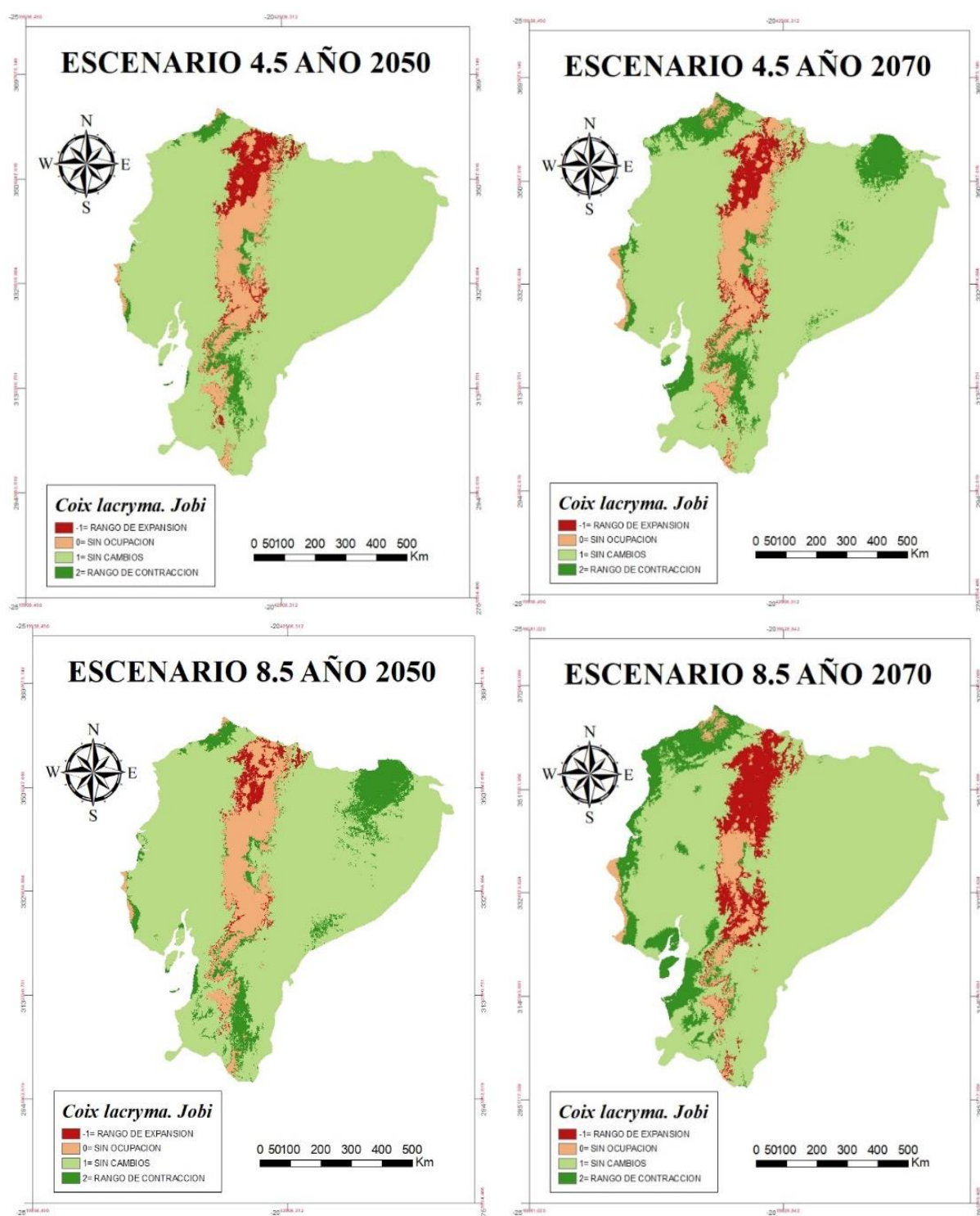


Figura 66: Mapas de cambios en el área geográfica potencial en Ecuador continental de *Coix lacryma-jobi* para el presente y cuatro escenarios futuros para el año 2050 y 2070 un escenario moderado (RCP 4.5). Un escenario extremo para el año 2050 y 2070 (RCP 8.5).

4.2. Discusión

Las condiciones climáticas permiten el ingreso de especies a ecosistemas en los cuales antes no sobrevivían, y bajo las actuales circunstancias logran reproducirse y establecerse; en contraste, algunas de las especies presentes en el ecosistema original no logran sobrevivir a los cambios climáticos (6). Las especies exóticas invasoras tienen efectos devastadores para la biota autóctona, ya que provocan el declive e incluso la extinción de especies autóctonas y afectan negativamente los ecosistemas. Se reproducen rápidamente, se imponen sobre las especies locales en la competencia por alimento, agua y espacio, y son una de las principales causas de pérdida de diversidad biológica en todo el mundo (56).

Entre las diez especies modelada para esta investigación se encuentra la *Hyparrhenia rufa*, algunos de los atributos que hacen que este especie sea un pasto deseado también son Atributos que lo convierten en un invasor agresivo, es una planta persistente que produce, semillas abundantes y se establecen fácilmente en áreas tropicales (57). La *Azadirachta indica*, a través de su distribución natural e introducida de la margosa, la temperatura anual promedio varía entre 21 y 32 °C (45), *A. indica* requiere grandes cantidades de luz, pero tolera la sombra bastante pesada durante los primeros años (58). *Senecio vulgaris* L, se ha sido introducido en América del Norte, América del Sur por su rápida dispersión del viento, germinación continua en un amplio rango de cultivo (59). La especie crece en mayor concentración en arenas y arenas francas. *Terminalia catappa* para su distribución el pH del suelo suele ser neutro a moderadamente alcalino y rico en bases, sin embargo también crecerá fuertemente en suelos ácidos. Se requiere buen drenaje en suelos arcillosos (60). *Leucaena leucocephala* es un agresivo colonizador de sitios rurales y vegetación secundaria o perturbada en muchos lugares, tanto en México como en muchas partes de Asia, abundante producción de semillas, auto fertilidad, captura de semillas y capacidad de rebrote después del fuego, ocasionalmente se distribuye en tierras agrícolas (61). *Setaria palmifolia* originario de Asia e introducido como Ornamental, palmera setaria de lata. Crecer rápidamente en infestaciones gruesas, Superando a las plantas nativas y al pasto, produce muchas semilla durante la mayor parte del año, y puede crecer en sombra pesada, la hierba de setaria en comunidades de flora nativa y los ecosistemas (62). *Festuca arundinacea*, crece bien en suelos medios, pesados y húmedos. La *Festuca* tiene implantación lenta y las siembras tardías en suelos fríos reducen su velocidad de implantación y retrasan su primer pastoreo, se asocia bien con

las leguminosas (63). *Cenchrus echinatus* típicamente se asocia con hábitats secos y arenosos, puede ser de larga vida y alcanzar un tamaño mucho más grande. Se adhieren fácilmente a los animales y la ropa, haciendo que *C.Echinatus* fácilmente dispersa (48). *Spartium junceum* L, crece rápidamente y forma rodales densos que la mayoría de la vida silvestre encuentran impenetrables y desagradable Los tallos densos hacen que la regeneración de la mayoría de las otras especies de plantas sea difícil o imposible (64). *Coix lacryma-jobi*, ha sido cultivada con fines ornamentales en América y Europa y en Brasil con fines alimenticios, Evidencia de que la especie tiene alta demanda, tiene un uso tradicional arraigado o es esencial para la seguridad alimentaria (55).

La *Hyparrhenia rufa* en el compendio global de malezas de Australia Occidental informa que esta especie compete con éxito y sofoca a otras malas hierbas. Otro atributo que hace de *H. rufa* una planta invasora en Hawái es que es adaptado al fuego, mientras que la mayoría de las plantas nativas de Hawái no lo son, la especie *H. rufa* es una hierba agresiva adaptada al fuego. A medida que las gramíneas adaptadas al fuego no nativas se aumenta un área, carga de fuego, frecuencia y tamaño de fuego. Plantas nativas, no bien adaptadas al fuego tienden a disminuir. Estos deben controlarse lo antes posible para prevenir una infestación en el Futuro, especialmente en áreas que son propensas al fuego o están cerca de áreas naturales (57).

Según los resultados obtenidos en la investigación la *Hyparrhenia rufa* es una especie que su distribución geográfica potencial actual está en gran parte de la región Costa, bajo el escenario extremo (RCP 8.5), esta especie se distribuirá en la región del Oriente ecuatoriano y entrando en un rango de contracción en escenarios futuros de cambio climático en la región Sierra. Esto se debe a que se adapta más rápido en climas tropicales y sub tropicales. Es necesario erradicar a esta especie ya que existe evidencia de que la especie misma provoca, o puede provocar, daños o afectaciones menores a la salud animal, humana, y/o plantas en una sola especie en toda su área de distribución (44).

Senecio vulgaris L, posee una tasa de crecimiento rápido, la capacidad de sembrar la semilla varias veces por temporada de crecimiento y la falta de opciones de control químico, hizo de esta especie una importante maleza de algunos cultivos hortícolas. Esta especie produce alcaloides de pirrolizidina que han sido implicados como causa de toxicidad hepática en el ganado. Las poblaciones de *S. vulgaris* han mostrado resistencia a los herbicidas de los grupos 5, 6 y 7. Cides (triazinas, uracilos, ureas sustituidas y

nitrilos) y otros herbicidas inhibidores del transporte fotosintético. Resistencia a la triazina. *S. vulgaris* fue el primer caso reportado de resistencia a herbicidas en todo el mundo. Actualmente se está evaluando el control de *S. vulgaris* en Europa (59). La *H. rufa* y *S. vulgari*, bajo escenario extremos futuros de cambio climático se distribuyen causando vulnerabilidad a una extensión considerable de la región costa de Ecuador continental debido al aumento de la temperatura según las variable climáticas de mayor aporte al modelo.

No se puede asegurar con certeza la magnitud del cambio futuro, pero como parte del proceso de downscaling se asume que el sistema climático no se verá alterado de tal manera que cambie la dinámica actual drásticamente. Por tanto, aunque haya cambios en la intensidad/ocurrencia de ciertas situaciones sinópticas se considera que el sistema climático actual se mantiene (15). Sin embargo otros autores en función a los estudios realizados al cambio climático difieren en qué; la influencia del cambio climático sobre la biodiversidad no es cuestionable. Las respuestas de las especies a los cambios climáticos en el pasado están acreditadas por el registro fósil que pone de relieve la respuesta espacial (cambios en los patrones de distribución) como una de las consecuencias más importantes. La variación genética y la adaptabilidad fueron factores clave para determinar la magnitud del desplazamiento de las especies y su supervivencia o extinción (4).

Con los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, se deja identificadas cuales son las zonas con más vulnerabilidad a invasión en Ecuador continental y se identifica cuáles son las especies más agresivas que se distribuirán a una gran extensión a futuro desplazando a la diversidad florística nativa del Ecuador, también da lugar a un punto de partida para predecir invasiones futuras de otras especies, bajo escenarios de cambio climático moderados y extremos. Estos resultados contribuyen a que se analice la situación de las especies exóticas invasoras en Ecuador para que se puedan crear estrategias preventivas y a su vez se pueda conservar las especies nativas de la zona.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la distribuciones geográficas potenciales actuales y futuras; se pudo observar que la *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf actualmente la especie se distribuye hacia la zona de la región Costa con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en las provincias de Esmeraldas y Los Ríos. En los mapas bajo los cuatro escenarios de cambio climático, dos escenarios moderado (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 y dos escenarios extremo (RCP 8.5) para el año 2050 y 2070, la especie aumenta su distribución hacia la región de la Costa y Oriente, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Pastaza, Orellana y Sucumbíos.
- *Senecio vulgaris* L actualmente la especie se distribuye hacia el borde costero del país, la provincia con mayor índice de adecuación es Santa Elena y una pequeña extensión en la región Oriente, las provincia con mayor índice de adecuación son Orellana y Sucumbíos. En los mapas bajo los cuatro escenarios de cambio climático, dos escenarios moderado (RCP 4.5) para el año 2050 y 2070 y dos escenarios extremo (RCP 8.5) para el año 2050 y 2070, la especie aumenta su distribución hacia el borde costero y la región Oriente, con mayor índice de adecuación la especie se encuentra distribuida en las provincias de Pastaza, Napo, Orellana y Sucumbíos.
- Los modelos realizados para las 10 especies tuvieron buenos rendimientos, para el modelado de *Hyparrhenia rufa*, *Azadirachta indica* A. Juss, *Senecio vulgaris* L, *Terminalia catappa* L, *Leucaena leucocephala*, *Setaria palmifolia*, *Festuca arundinacea*, *Cenchrus echinatus*, la variable que más influyo fue la oscilación diurna de temperatura; Para *Spartium junceum* L, la variable que más influyo la precipitación del cuatrimestre más cálido; Para *Coix lacryma Jobi*, la variable que más influyo fue la precipitación del periodo más lluvioso. Las zonas de mayor predicción concuerdan con los requerimientos propios cada especie encontrados en la bibliografía.
- De acuerdo a los cambios del área de expansión potencial de las especies se denoto su variabilidad ante los escenarios de cambio climático para los dos escenarios moderados (RCP 4.5) para el año 2050 las especies con mayor rango de expansión es *Festuca arundinacea* con área de 38880.11 km² ; la *Hyparrhenia rufa* con área de 1338.71 km² y con un mayor rango de contracción es *Setaria palmifolia* con 88005.81

km²; con mayor rango de expansión es *Festuca arundinacea* con área de 65887.46 km² y con un mayor rango de contracción es *Setaria palmifolia* con 92253.68 km² bajo este escenario moderado para el año 2070; bajo los dos escenarios extremos (RCP 8.5); Para el año 2050 la especie con mayor rango de expansión es *Festuca arundinacea* con área de 62742.58 km² y con un mayor rango de contracción es *Setaria palmifolia* con 93600.57 km²; con mayor rango de expansión es *Festuca arundinacea* con área de 83751.23 km² y con un mayor rango de contracción es *Setaria palmifolia* con 98894.16 km² bajo este escenario moderado para el año 2070.

5.2. Recomendaciones

- Crear una base de datos en el Ecuador que conste con registro de presencia de especies exóticas invasoras de alta fiabilidad, para profundizar el desarrollo de estudios ecológicos de este tipo de especies y las posibles afectaciones futuras a la biodiversidad del país, de esta manera salvaguardar la conservación de especies nativas y endémicas de la zona.
- Incentivar a investigadores a que desarrollen proyectos en base a especies exóticas invasoras con el fin de conocer el estado actual de la distribución potencial de este tipo de especies y cuáles serían las afectaciones a futuro de las mismas para la implementación de estrategias preventivas por provincias según la vulnerabilidad de la misma.
- Gestionar uniones estratégicas con entes reguladores como el MAE (Ministerio del Ambiente) y con los diferentes niveles de gobierno para la implementación de estrategias preventivas, para la dispersión de especies exóticas invasoras. Para las especies exóticas invasoras que estén ya erradicadas y este desplazando a las nativas, es necesario la creación de estrategias de erradicación o mitigación de estas especies y que el impacto negativo al medio disminuya a futuro.
- Implementación de talleres en los cuales el estudiante desarrolle habilidades en el manejo de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG).
- Implementar estudios de especies exóticas invasoras con escenarios futuros de cambio climático para determinar las zonas de mayor riesgo de invasividad en la zona de Ecuador continental.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

1. IPCC. Cambio Climático 2014: Informe de síntesis / Resumen para responsables de políticas. Cambio Climático 2014 Inf síntesis. 2014;2–38.
2. Quesada-Quirós M, Acosta-Vargas LG, Arias-Aguilar D, Rodríguez-González A. Modelación de nichos ecológicos basado en tres escenarios de cambio climático para cinco especies de plantas en zonas altas de Costa Rica. Rev For Mesoam Kurú [Internet]. 2016;14(34):01. Available from: <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/2991>
3. March IJ. Especies Invasoras y Cambio Climático. 2008;469–95.
4. Capdevila-Argüelles L, Zillett B, Ángel Suárez Álvarez V. Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impactos y vulnerabilidad. 2011;146. Available from: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/Especies_invasoras_tcm7-197788_tcm7-217991.pdf
5. Santos T, Tellería L. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas [Internet]. 2006;15(2):3–12. Available from: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id_Categoria=2&tipo=portada
6. León OA, Vargas-Rios O. Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica. 2016;(January 2009):39.
7. Pliscoff P. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio : una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles 1. 2011;79:61–79.
8. Bèguet GAHA, Producción C De, Carne B De, Unrc FA V. Clima y ambiente ; elementos y factores. 2003;1–3.
9. Molina M, Nobel P, Estatal P, Clim C, Superiores E. Presentación. 2010;
10. Díaz Cordero G. El cambio climático. Redalyc [Internet]. 2012;240. Available from: <http://www.redalyc.org/html/870/87024179004/>

11. Secretaría de medio ambiente RN. Cambio climático Ciencia , evidencia y acciones.
12. Rodríguez Becerra M, Mance H. Cambio climático: lo que está en juego [Internet]. Cambio climático: lo que está en juego. 2009. 76 p. Available from: <http://www.manuelrodriguezbekerra.org/bajar/Cambioclimatico2015.pdf>
13. Plasencia-Vázquez AH, Escalona-Segura G, Esparza-Olguín LG. Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. ACTA ZOOLOGICA Mex [Internet]. 2014;30(3). Available from: <http://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/view/72>
14. Center BC. Climate System Model [Internet]. Available from: <http://forecast.bccsm.ncc-cma.net/web/channel-1.htm>
15. García JP, García MM, Incera FJM. Para el desarrollo de proyecciones regionales.
16. ENES. HadGEM2 [Internet]. 2015. Available from: <https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es>
17. Morales A. Mapping GIS [Internet]. 2018. Available from: https://mappinggis.com/2015/05/global-climate-monitor-descarga-de-datos-climaticos/#Global_Climate_Monitor
18. Ballesteros DCL. Determinación de cambios de distribución de especies por efectos del cambio climático en el parque municipal natural campo alegre y parque regional natural ucumari en risaralda Colombia. 2017;
19. Gallardo B, National S. Cambio Climático y Especies Exóticas Invasoras en la Red de Parques Nacionales : diagnóstico , adaptación y gobernanza. 2018;(August).
20. PNUMA. CAMBIO CLIMÁTICO Y. 2007;
21. Causas IB, Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M, et al. Tópicos en Ecología.
22. Mendoza R, Patricia K. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. 2015;41. Available from:

- https://www.researchgate.net/publication/273143241_introduccion_de_especies_exoticas_acuaticas_en_mexico_y_en_el_mundo
23. Illoldi P. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. 2008;(January).
 24. Ilesi FEAM, Asenave JALODEC. El concepto de nicho en Ecología aplicada : del nicho al hecho hay mucho trecho. 2005;131–48.
 25. Ainsworth NM. El nicho ecológico : útil concepto aún en debate. :1–11.
 26. Martinez N. Modelación de Nicho Ecológico. 2018;140. Available from: http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/Blog/Documentos_blog/apuntes-sig-modelacion.pdf
 27. Pérez-García B, Liria J. Modelos de nicho ecológico fundamental para especies del género Thraulodes (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). Rev Mex Biodivers. 2013;84(2):600–11.
 28. INEGI. Sistema de información geográfica. Inst Nac Estad y Geogr [Internet]. 2014;60. Available from: <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
 29. Su G, Su IY, Javier F, Piñeiro G. Los sistemas de informacion geografica. su importancia y su utilidad en los estudios medioambientales. 1992;
 30. MEDCALC. Análisis de la curva ROC [Internet]. 2018. Available from: <https://www.medcalc.org/manual/roc-curves.php>
 31. Bravo J, Sanchez G, Gelviz-Gelvez SM. Estudio de la distribución de las especies frente al cambio climático. Cuad Biodivers [Internet]. 2011;12–8. Available from: <http://rua.ua.es/handle/10045/17442>
 32. Magrin GO. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.
 33. YANAPUMA. Localizacion de Ecuador. Biol Conserv [Internet]. 2012;21–3. Available from: http://www.yanapumaspanish.org/Basicos/16_Lectura_ser_y_estar.pdf
 34. Schüttler E, Santiago Karez C. Especies exóticas invasoras en las Reservas de

- Biosfera de América Latina y el Caribe. 2009. 305 p.
35. Ministerio del Ambiente E. Cuarto informe nacional para el convenio sobre la diversidad biológica. 2010.
 36. Scott A, Ram K, Hart T, Chamberlain MS. spocc: Interface to Species Occurrence Data Sources. R package version 0.4.0. <http://CRAN.R-project.org/package=spocc>. 2017;
 37. Osorio-Olvera L. NicheToolBox R package [Internet]. 2016. Available from: <https://github.com/luismurao/nichetoolbox>
 38. Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones G, Jarvis A. VERY HIGH RESOLUTION INTERPOLATED CLIMATE SURFACES FOR GLOBAL LAND AREAS. 2005;1978:1965–78.
 39. Supporting GEOSS Common Architecture and Societal Benefit Areas Pilot development in the GEOSS Architecture Implementation Pilot – Phase 3. 2010;(March).
 40. Rubel F, Brugger K, Haslinger K, Auer I. The climate of the European Alps : Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800 – 2100. 2017;26(2):115–25.
 41. Phillips SJ, Anderson RP, Dudík M, Schapire RE, Blair ME. Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography (Cop)*. 2017;40(7):887–93.
 42. Profile SEE, Profile SEE, Profile SEE. Ecological Niches and Geographic Distributions. 2016.
 43. Phillips S. A Brief Tutorial on Maxent. *AT&T Res*. 2008;1–38.
 44. Starr K. *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf. 2016;1–8.
 45. Juss AA, Parrotta JA, Chaturvedi AN. *Margosa* , neem. :65–72.
 46. Sánchez S. Hierba cana (*Senecio Vulgaris* L). 2015; Available from: <https://adene.es/wp-content/uploads/2015/12/HIERBA-CANA.pdf>
 47. CONABIO. *Senecio vulgaris* [Internet]. 2009. Available from: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/senecio-vulgaris/fichas/ficha.htm>

48. (ISSG) ISSG. *Terminalia catappa*. 2018;(October):1–5. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1581>
49. Anonymous. *Leucaena leucocephala* (Leucaena). BioNET-EAFRINET [Internet]. 2011;63:304–6. Available from: [http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Leucaena_leucocephala_\(Leucaena\).htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Leucaena_leucocephala_(Leucaena).htm)
50. La DE, Hawai E, Indonesia E, Se U, Est C, Panam E, et al. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (5):1–7.
51. J K. *Setaria palmifolia*. 2009; Available from: [https://aggie-horticulture.tamu.edu/syllabi/608/Lists/Fourth Edition/Setariapalmifolia.pdf](https://aggie-horticulture.tamu.edu/syllabi/608/Lists/Fourth%20Edition/Setariapalmifolia.pdf)
52. Di Marco I. Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño. Redalyc. 2013;7.
53. Name S, Names C, Distribution N. Weeds of Australia - Biosecurity Queensland Edition Fact Sheet *Cynodon dactylon* var. *dactylon*. 2016;18–20.
54. *Spartium* L. *Spartium junceum* L. 2009;1–3.
55. Starr K. *Coix lacryma-jobi* L. 2010;1–7.
56. PNUMA. Especies Exóticas Invasoras.
57. Starr F, Starr K, Braun A, Loope L. *Hyparrhenia rufa*. Management [Internet]. 2003;1–6. Available from: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Data/Pf000259.htm>
58. Names L, Description B. *Azadirachta indica* Meliaceae *Azadirachta indica*. 2009;0:1–8.
59. Robinson DE, O'Donovan JT, Sharma MP, Doohan DJ, Figueroa R. The biology of Canadian weeds. 123. *Senecio vulgaris* L. Can J Plant Sci [Internet]. 2003;83(3):629–44. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/P01-124>
60. Orwa et al. *Terminalia catappa*. Agrofor Database. 2009;4.0:1–5.
61. Orwa. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Fabaceae - Mimosoideae *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Fabaceae - Mimosoideae. Agroforestry Database

tree Ref Sel Guid version 40. 2009;0:1–8.

62. Moreton Bay. Palm-leaf setaria grass (Non Restricted Invasive Weed). 2018; Available from: <https://www.moretonbay.qld.gov.au/uploadedFiles/moretonbay/environment/vegetation/palm-leaf-setaria-grass.pdf>
63. Fortuna I, Estanzuela L, Fortuna I, Tacuab E, Aurora I, Tacuab E, et al. Tipo continental Tardía , florece próximo al 2 / 10 Alta calidad , 2 unidades de digestibilidad mayor que Estanzuela Tacuabé Flexible Rendimiento de forraje superior al de otros cultivares tardíos Muy buena sanidad. :2006–7.
64. DiTomaso J, Kyser G. Weed Control in Natural Areas in the Western United States. *Spartium junceum* L Spanish. 2013;1–3.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1: Prueba emitida por el URKUND

Recibidos (621) - yferrersanchez@uteq.edu.ec x tesis cambio climatico - yferrer@uteq.edu.ec x D43141144 - TESIS KAREN MUÑOZ x +

← → ↺ ↻ 🔒 https://secure.orkund.com/view/42136135-981371-444273#DcgxDsJADETRu6T+QmvveGNzFUSBIkApSJMSXe2ePqj+S6fc7nezIRZTAPrNvnUscQKb7jhjndcdlQcz... 🔍 ☆ 🇨🇴 🇨🇺 🇨🇦

Aplicaciones Nueva pestaña Sci-Hub: removing b Copernicus Global La CC Search Curso Modelado de Home

ORKUND

Documento TESIS KAREN MUÑOZ-ORKUND.docx (D43141144)

Presentado 2018-10-26 22:48 (-05:00)

Presentado por yferrer@uteq.edu.ec

Recibido jurdanigo.uteq@analysis.orkund.com

Mensaje TESIS KAREN MUÑOZ [Mostrar el mensaje completo](#)

5% de estas 67 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes **Bloques**

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	-
+		MCTESIS_revision final.docx	-
+	>	Emilio Vivas_EEI.docx	-
+		TFT Galvez Fabricio-final 13 feb.docx	-
-	Fuentes alternativas		
+	Fuentes no usadas		

📊 🔍 🔒 🔑 ⬆ ⬅ ➡ ⚠ 1 Advertencias. ↺ Reiniciar 📄 Exportar 🔄 Compartir ?