



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

**Patrones de distribución potencial e identificación de áreas prioritarias
para la conservación de briófitos en Ecuador.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTORA: Burneo Ordóñez, María Fernanda

DIRECTOR: Benítez Chávez, Ángel Raimundo, M.Sc.

LOJA-ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

M.Sc.

Benítez Chávez Ángel Raimundo.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: "Patrones de distribución potencial e identificación de áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador" realizado por Burneo Ordóñez María Fernanda, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 11 de Febrero de 2015

f).....

Ángel Raimundo Benítez Chávez, M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Burneo Ordóñez María Fernanda declaro ser autora del presente trabajo de fin de titulación: “Patrones de distribución potencial e identificación de áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador”, de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental, siendo Ángel Raimundo Benítez Chávez director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

Autor: Burneo Ordóñez María Fernanda

Cédula: 1105161648

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme una familia inigualable y maravillosa, por ser mi guía, mi confidente, mi más grande inspiración.

A mis padres Marco y Jackeline, por ser el pilar fundamental de mi vida y la razón de superarme, gracias por creer en mí, por su esfuerzo, apoyo y amor incondicional.

A mi hermana y sobrinos, por ser fuente de cariño, respeto y apoyarme en todo momento.

A mis familiares, amigos, y a cada una de las personas que me han apoyado en el desarrollo de mi vida profesional y que hicieron posible la realización de esta investigación.

María Fernanda Burneo Ordóñez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Particular de Loja, de manera especial al Departamento de Ciencias Naturales Sección de Sistemática y Diversidad, y todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron en el desarrollo de este trabajo. Aprovecho el espacio para expresar mi agradecimiento a ellas.

Especial agradecimiento a mi director de tesis M.Sc. Ángel Raimundo Benítez por sus conocimientos prestados, acertada dirección y asesoría. También quiero agradecer a mis maestros Calos Naranjo, Nixon Cumbicus, Fabián Reyes quienes me brindaron su valioso apoyo, orientación académica y atención a mis consultas. De la misma manera mi agradecimiento a Gilberto Rodríguez por el material facilitado.

Finalmente, y no por ello menos importante, muchas gracias a Darwin Merino, Geovanny Cango, Alberto Mendoza por el apoyo brindado en el transcurso de esta investigación.

Gracias familia y amigos por el apoyo moral y humano necesarios para mi crecimiento personal y profesional.

A todos, muchas gracias.

María Fernanda Burneo Ordóñez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
APROBACIÓN DEI DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1. Marco teórico.	6
1.1. Modelos de Distribución potencial.....	6
1.2. Sistemas de información geográfica (SIG).	8
1.3. Briófitos.....	10
1.4. Briófitos en Ecuador.....	14
CAPÍTULO II.....	16
2. Materiales y métodos.....	17
2.1. Área de estudio.....	17
2.2. Recolección de datos.....	18
2.3. Análisis de datos.....	19
CAPÍTULO III.....	21
3. Resultados y discusión.....	22
Conclusiones	50
Recomendaciones	51

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de modelización de distribución de especies.....	7
Tabla 2. División y ecología de los briófitos	11
Tabla 3. Ejemplo de la matriz usada para la recopilación y organización de información. ...	18
Tabla 4. Variables utilizadas para modelar la distribución potencial de las especies de briófitos.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	17
Figura 2. Distribución potencial de <i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger en Ecuador continental.....	23
Figura 3. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger.....	24
Figura 4. Distribución potencial de especie <i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees, en Ecuador continental.....	26
Figura 5. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees.....	27
Figura 6. Distribución potencial de <i>Bryum argenteum</i> Hedw. en Ecuador continental.....	29
Figura 7. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Bryum argenteum</i> Hedw.....	30
Figura 8. Distribución potencial de <i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi en Ecuador continental.....	32
Figura 9. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi.....	33
Figura 10. Distribución potencial de <i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce en Ecuador continental.....	35
Figura 11. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce.....	36
Figura 12. Distribución potencial de <i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor en Ecuador continental.....	38
Figura 13. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor.....	39
Figura 14. Distribución potencial de <i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt. en Ecuador continental.....	41
Figura 15. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.....	42
Figura 16. Distribución potencial de <i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris en Ecuador continental.....	44

Figura 17. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris.	45
Figura 18. Distribución potencial de <i>Sphagnum magellanicum</i> Brid. Paris en Ecuador continental.	47
Figura 19. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de <i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	48

RESUMEN

Los briófitos cumplen un papel clave en la diversidad, biomasa y funcionamiento de ecosistemas; sin embargo, la fragmentación del hábitat y actividades humanas ponen en riesgo su estado de conservación. Bajo esta premisa estudios han documentado la utilidad de los modelos de distribución potencial, en investigaciones de protección y conservación de especies amenazadas.

Con el objeto de determinar la distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador, se realizó modelos de distribución de nueve especies de briófitos mediante el método de máxima entropía (MaxEnt). Se determinó que las variables más influyentes en la presencia de briófitos son: elevación, temperatura media del trimestre más frío, temperatura media del trimestre más húmedo y precipitación del trimestre más frío. Los resultados muestran que los briófitos se encuentran potencialmente distribuidos en menos del 2,7% del territorio ecuatoriano. El 66,7% de las especies analizadas tienen un potencial de distribución del 6,8% al 26% del área dentro de las zonas de alta probabilidad del SNAP; mientras que únicamente el 33,3% de éstas especies tienen un potencial de distribución del 41,2% a 63,2%.

Palabras claves: Briófitos, distribución, MaxEnt, modelos de distribución potencial, Ecuador, SNAP, SIG.

ABSTRACT

The bryophytes play a key role in diversity, biomass and ecosystem functioning; However, habitat fragmentation and human activities threaten the conservation status of these species. Under this premise, several studies have documented the utility of research in potential distribution models, in research of protection and conservation of threatened species.

In order to determine the potential distribution and the priority conservation areas of bryophytes in Ecuador, it was made distribution models of nine species of bryophytes performed by the method of maximum entropy (MaxEnt), It was determined that the most influential variables in the presence of bryophytes are: elevation, average temperature of the coldest quarter, average temperature of the wettest quarter and precipitation of the coldest quarter. The results show that bryophytes are potentially distributed in less than 2.7% of Ecuadorian territory, 66.7% of the analyzed species have potential distribution from 6.8% to 26% of the area within the zones of high probability of the SNAP ; while only 33.3% of these species have a potential distribution of 41.2% to 63.2%.

Keywords: Bryophytes, Distribution, MaxEnt, potential distribution models, Ecuador, SNAP, GIS

INTRODUCCIÓN

Los briófitos cumplen un papel clave en términos de diversidad, biomasa y funcionamiento de los ecosistemas (Pócs, 1982; Uribe & Orrego, 2001; Gradstein et al., 2001; Estébanez, 2011), además, sirven de sustrato para el establecimiento de plantas vasculares como orquídeas, sirven de refugio de algunos invertebrados (Gradstein, 1992). Son considerados importantes indicadores de la contaminación ambiental y alteración de los bosques (Gradstein et al., 2001), a pesar de ello, el estado de conservación de los briófitos es grave debido a la fragmentación del hábitat y actividades humanas relacionadas con la extracción de madera, minería, habilitación de nuevos suelos para agricultura o para la ganadería, que afectan directamente el hábitat natural de un número importante de especies (García et al., 1999; Linares & Uribe, 2002).

A nivel mundial se alberga gran diversidad de briófitos con cerca de 15000 especies y más de 1200 géneros. En América tropical se han reportado 2600 especies de musgos, 1350 hepáticas y 30 antoceros; y un endemismo de 10 veces más que Europa y Norte América (Gradstein et al., 2001), por ello constituyen el segundo grupo más diverso de las plantas terrestres, superadas solamente por las plantas con flores (Gradstein et al., 2001; Estébanez, 2011). En Ecuador la flora de briófitos incluye 1600 especies, de las cuales 900 son musgos y 700 son hepáticas y antoceros (Churchill et al., 2000; León-Yáñez et al., 2006). A diferencia de otras regiones del mundo donde este grupo de plantas son ampliamente conocidas, en Ecuador los estudios taxonómicos y ecológicos son limitados; y la mayor parte de la información no está disponible (Nöske et al., 2003; Parolly et al., 2004).

En cuanto al estado de conservación de briófitos en Ecuador, se han documentado 63 especies endémicas, más del 50% (41 especies), no han podido ser evaluadas en ninguna categoría establecida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y solamente cuatro especies se consideran en peligro crítico, una en peligro, nueve son vulnerables, dos casi amenazadas y seis de preocupación menor; sumado a esto un bajo número de especies (26 especies) se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y gran parte se localizan en las Islas Galápagos (León-Yáñez et al., 2011). Una característica de las áreas protegidas es que son lugares claves para la conservación de la biodiversidad, y en la mayoría de veces constituyen la última alternativa para impedir la extinción de muchas especies amenazadas o endémicas (Dudley, 2008).

Los modelos de distribución potencial de especies han sido ampliamente utilizados en las últimas décadas (Mateo et al., 2011), aplicándose a diferentes estudios y con diferentes organismos como angiospermas, mamíferos, aves, hongos, anfibios, reptiles, himenópteros,

peces, helechos, insectos y briófitos (Zaniewski et al., 2002; Domínguez et al., 2006; Martínez et al., 2008; Pineda & Lobo, 2008; Wohlgemuth et al., 2008; Wollan et al., 2008; Puschendorz et al., 2009; Zanini et al., 2009; Brambilla et al., 2009; Hinojosa et al., 2009; Thorn et al., 2009; Vegar et al., 2009; Titeux et al., 2009). Bajo esta premisa varios estudios han documentado la utilidad de esta herramienta en investigaciones de especies endémicas, protección y conservación de especies amenazadas (Godown & Peterson, 2000; Benito De Pando & Peñas De Giles, 2007; Parviainen et al., 2008; Parviainen et al., 2009; Raes et al., 2009; Williams et al., 2009). Además han permitido identificar lugares donde se pueden realizar trabajos de campo, estudios de conservación y diseño de reservas (Araújo & Williams, 2000; Margules & Pressey, 2000; Ortega-Huerta & Peterson, 2004; Hannah et al., 2007; Early et al., 2008).

En otros países, en lo que respecta a briófitos se han realizado varios estudios con la aplicación de modelos de distribución potencial como herramienta o base para establecer medidas de manejo y conservación de briófitos (Sérgio et al., 2006; Yu et al., 2013). Bajo estos antecedentes, esta investigación tiene como objetivo principal determinar la distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador, a partir de modelos de distribución potencial basados en variables bioclimáticas, a través de la identificación de los factores más influyentes en la distribución potencial de briófitos y comparación de los modelos predichos con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas e identificar las áreas de prioridad para su conservación.

CAPÍTULO I

1. Marco teórico.

1.1. Modelos de Distribución potencial.

Definición.

Los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie, partiendo de datos reales de presencia en función de sus características ambientales para generar dicha representación. Los modelos de distribución potencial de especies actualmente se han desarrollado como una herramienta muy útil que permite analizar de forma objetiva los patrones espaciales de presencia de organismos (Mateo et al., 2011).

Importancia de los modelos de distribución potencial.

Los modelos de distribución de especies son una herramienta empírica, robusta, repetible y fácil de manejar, que pueden ayudar a identificar potenciales zonas a conservar y/o restaurar (Ferrier, 2002; Phillips et al., 2006; Philips & Dunik, 2008).

Con estos atributos Hernández et al. (2008) afirman que la aplicación de esta herramienta en conservación, está fundamentado en la definición de potenciales sitios a indagar en el caso de requerir hacer exploraciones directas, además permite determinar el comportamiento de las especies frente a alteraciones exógenas y entrega información sobre sitios a conservar.

Estos modelos también han mostrado ser eficaces para buscar nuevas localizaciones de especies raras y amenazadas (Guisan et al., 2006), fortalecen la comprensión de los patrones espaciales de la biodiversidad (Graham et al., 2006), o evalúan el impacto del cambio global sobre la distribución de los organismos (Lawler et al., 2006).

Clasificación de los modelos de distribución potencial.

En la actualidad existen varios modelos de distribución de especies que utilizan datos y manejan métodos diferentes para desarrollar las predicciones (Elith et al., 2006). Entre ellas encontramos las siguientes técnicas (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de modelización de distribución de especies.

Técnicas modelización de distribución de especies	Métodos de modelización de distribución de especies	
Técnicas discriminantes	1. Árboles de clasificación	<ul style="list-style-type: none"> • CART– Classification and regression trees (Breiman et al., 1984). • Pléyade de técnicas derivadas como: Random forest (Breiman, 2001). BRT– Boosted regression tres (Friedman, 2001; Elith et al., 2008). MDA– Mixture discriminant analysis (Hastie & Tibshirani, 1996).
	2. Técnicas de ordenación	<ul style="list-style-type: none"> • CCA– Análisis de correspondencia canónica (Guisan et al., 1999).
	3. Redes neuronales	<ul style="list-style-type: none"> • ANN– Assisted neural network, (Pearson et al., 2002; Venables & Ripley, 2002)
	4. MARS– Multivariate adaptive regression splines (Friedman, 1991).	
	5. Modelos lineales generalizados	<ul style="list-style-type: none"> • GLM–Generalized linear models (Mccullagh & Nelder, 1989).
		<ul style="list-style-type: none"> • SVM–Support vector machines (Vapnik, 1995).
		<ul style="list-style-type: none"> • GRASP–Generalized regression analysis and spatial prediction (Lehmann et al., 2003).
	6. Modelos aditivos generalizados	<ul style="list-style-type: none"> • GAM– Generalized additive models– (Hastie & Tibshirani, 1986). • BRUTO (Hastie et al., 1994)
	7. Regresión por cuantiles (Vaz et al., 2008).	
8. Estadística bayesiana (Termansen et al., 2006; Latimer et al., 2009).		
9. Máxima entropía	<ul style="list-style-type: none"> • MaxEnt (Phillips et al., 2006; Phillips & Dudík, 2008). 	
Técnicas descriptivas	10. Deductivas	<ul style="list-style-type: none"> • Opinión del experto
	11. Envueltas geográficas o convex hull (Worton, 1995).	
	12. Envueltas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • BIOCLIM (Busby 1986, 1991). • ANUCLIM (Houlder et al., 1999). • BIOMAP (Nix and Switzer, 1991). • HABITAT (Walker & Cocks, 1991). • FLORAMAP (Jones & Gladkov, 1999).
	13. Métodos de distancias matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> • DOMAIN (Walker & Cocks, 1991; Carpenter et al., 1993). • Biomapper, ENFA, LIVES y MADIFA, (Hirzel et al., 2002; Calenge et al., 2008).
14. EM– Expectation-Maximization Algorithm (Ward et al., 2008).		
Técnicas mixtas	15. Desktop-GARP (Stockwell & Peters, 1999).	
	16. OM-GARP (Elith et al., 2006).	

Fuente: Mateo et al., 2011, modificado por la autora.

1.2. Sistemas de información geográfica (SIG).

Definición.

La definición de un SIG ha venido evolucionando constantemente, en la actualidad la definición de SIG se centra principalmente en el concepto de “sistema” como elemento integrador que engloba a un conjunto de componentes interrelacionados (Olaya, 2011). Por lo tanto, un concepto más preciso es decir que un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuyas funciones son capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Korte, 2001).

Aplicabilidad de SIG en los modelos de distribución potencial.

En los estudios sobre la distribución actual de especies para intentar predecir hábitat potenciales, los SIG cumplen con un papel fundamental y resultan ser un instrumento muy útil para crear mapas de distribución y hábitat potencial, abundancia y riqueza de especies, así como para la fácil y rápida detección, evaluación y manejo de especies invasivas, y para determinar procesos como la dispersión, adaptación, competencia, sucesión, presiones provocadas por incendios y pastoreo, entre otras (Peterson, 2001).

Los Sistemas de Información Geográfica a partir de la aplicación de ciertos modelos matemáticos permiten predecir la distribución de especies en lugares donde no se han realizado colectas, pueden ayudar a guiar las políticas públicas de conservación (Albarrán, 2010).

Los SIG proporcionan las herramientas que permiten medir fácilmente variables ambientales que están disponibles en formato digital para cualquier punto donde se ha examinado la distribución de una especie, las mismas que pueden probar estadísticamente como predictores potenciales de la distribución de una especie dada. Con los resultados de los modelos estadísticos y con la ayuda de un SIG, se pueden generar mapas predictivos de la distribución de la especie, siempre y cuando se tengan mapas digitales de los predictores en el área de estudio (Rico-Alcázar et al., 2001). Así también, los modelos de nicho ecológico son creados en un SIG o pueden ser desplegados en ellos para dar una representación visual de la cobertura ambiental y el hábitat potencial o la abundancia (Holcombe et al., 2007).

MaxEnt.

El programa (*software*) MaxEnt (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt>), es un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para realizar

una aproximación estadística que permite hacer predicciones utilizando información incompleta con el fin de calcular la distribución geográfica más probable para una especie. MaxEnt estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución de máxima entropía (lo más uniforme posible) sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincide con su media empírica. El resultado del modelo expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de las variables ambientales. Un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que ésta presenta condiciones muy favorables para la presencia de la especie (Phillips et al., 2006).

La curva operativa característica del receptor (ROC) (Hanley & McNeil, 1982) permite evaluar los modelos al calcular el área bajo la curva (AUC) (Fielding & Bell, 1997). Los valores de AUC fluctúan de 0 a 1, donde 0.5 indica que el modelo no tiene poder predictivo, 1 significa una discriminación o un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (Guisan et al., 2007).

MaxEnt puede utilizar variables cualitativas, otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene. El programa proporciona las curvas de respuesta de la especie ante las distintas variables ambientales y estima la importancia de cada variable en la distribución de la especie (Benito De Pando & Peñas De Giles, 2007).

MaxEnt tiene algunas ventajas sobre los demás modelos de distribución de especies: Entre ellas está que requiere únicamente datos de presencia, tiene un constante desempeño particularmente con un número pequeño de muestras (Elith et al., 2006; Phillips et al., 2006; Hernández et al., 2008); y su disponibilidad es gratuita. Además posee una serie de aplicaciones enfocadas principalmente a la priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica y restauración ecológica, modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, y la evaluación de patrones de propagación de especies invasivas. Hoy en día, estudios demuestran la potencialidad de esta herramienta en otras áreas (Morales, 2012).

1.3. Briófitos.

Conceptos y generalidades.

Los briófitos (musgos, hepáticas y antocerotes) son considerados como un grupo de plantas crucial en la transición a tierra de la vida fotosintética (Estébanez, 2011). Son plantas pequeñas que tienen pocos centímetros de largo y que cumplen funciones importantes dentro de los ecosistemas, también contribuyen con la biomasa y productividad, hacen parte de la cadena alimenticia y del hábitat de muchos invertebrados (Slack, 1988). Los briófitos son plantas de sitios húmedos debido a que la disponibilidad de agua en estado líquido es esencial para su desarrollo (Starr & Taggart, 2005; León-Yáñez et al., 2013). No tienen raíces, tallo y hojas verdaderas, las estructuras parecidas a la raíz se le llama rizoides y anclan a los briófitos a la tierra (Sarmiento, 2013).

Los briófitos comprenden un grupo primitivo de plantas terrestres que se dispersan por esporas en lugar de semillas y que han habitado el planeta por más de 400 millones de años, su origen se remonta al periodo Ordovícico (León-Yáñez et al., 2013).

Las primeras aproximaciones a nivel global de la diversidad de briófitos y de su clasificación estuvieron a cargo del Grupo Europeo para la Conservación de Briófitos. Según este trabajo los medios con mayor número de briófitos amenazados son los roquedos y pastizales de las montañas calcáreas, bosques no atlánticos, bosques canarios de laurel y de enebros (ECCB, 1995).

División.

Los briófitos tradicionalmente se les dividen en tres categorías, a saber: Antocerotes, Hepáticas y Musgos.

División Anthocerotophyta (antocerotes, hierbas con cuerno).

Generalmente se distribuyen en hábitats húmedos y sombríos de las regiones subtropicales y templadas del globo (Barrera & Osorio, 2008). La mayor parte de las especies crecen en sitios abiertos en el suelo o sobre rocas a lo largo de ríos, quebradas y en los bancos de carretera (León-Yáñez et al., 2013).

División Marchantiophyta (hepáticas).

Algunas especies toleran hábitats secos pero generalmente se encuentran en sitios húmedos y sombreados. Algunas pueden tolerar la inmersión parcial o total en ríos y riachuelos, cansadas y áreas que se inundan periódicamente; sin embargo la gran mayoría

son plantas terrestres (León-Yáñez et al., 2013). Las hepáticas tienen un significativo interés biogeográfico y evolutivo por su larga historia geológica, la que se remota a los inicios de la colonización vegetal de la superficie terrestre, en la era paleozoica (hace 480 millones de años), conjuntamente con el origen de las plantas vasculares (Barrera & Osorio, 2008). Estructuralmente se clasifican en dos grupos: las hepáticas foliosas y las hepáticas talosas (León-Yáñez et al., 2013).

División Bryophyta (musgos).

Los musgos son el grupo más complejo de los briófitos. Generalmente son tolerantes a la sequía, aún más que las hepáticas pero crecen principalmente en sitios húmedos y sombreados. Los musgos se pueden encontrar en todo tipo de hábitat, excepto sumergidos en el mar (León-Yáñez et al., 2013).

En este apartado se hace referencia a la división y ecología de las especies seleccionadas en este estudio (Tabla 2):

Tabla 2. División y ecología de los briófitos

División	Familia	Especie	Ecología
Bryophyta	BARTRAMIACEAE	<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	Crece en sitios montañosos abiertos y páramo (2000-4700) (León-Yáñez et al., 2013).
Marchantiophyta	LEJEUNEACEAE	<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	Común en las selvas tropicales de América, se trata de una especie que es buena indicadora de condiciones de elevada humedad (Gradstein et al., 2001; Equihua, 2002).
Bryophyta	BRYACEAE	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Este género se encuentra en sitios montañosos abiertos y páramo, también en tierra bajas; desde el nivel del mar hasta 4500 (León-Yáñez et al., 2013).
Marchantiophyta	JUNGERMANIACEAE	<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	Es muy común en los páramos crece también en los bosques nublados alto montañosos e invade los bancos de camino (León-Yáñez et al., 2013).
Marchantiophyta	LEPICOLEACEAE	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	Planta característica del bosque alto-montano y el matorral de sub páramo (León-Yáñez et al., 2013).

Marchantiophyta	PLAGIOCHILACEAE	<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	Plagiochila es uno de los géneros más abundantes en los bosques nublados montanos, además se encuentra en los bosques de tierras bajas y páramos. (desde el nivel del mar hasta los 4300) (León-Yáñez et al., 2013).
Bryophyta	HYLOCOMIACEAE	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	Crece en general desde los bosques alto andinos hasta el páramo, en sitios abiertos; sobre humus y suelo, comúnmente asociada con pantanos y charcas (León-Yáñez et al., 2013).
Bryophyta	RHACOCARPACEAE	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	Crece en sitios alto montanos abiertos y páramo (León-Yáñez et al., 2013).
Bryophyta	SPHAGNACEAE	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	Ampliamente distribuida, en los trópicos desde altitudes medias a altas (Churchill & Linares, 1995).

Diversidad.

Los briófitos constituyen el segundo grupo más diverso de las plantas terrestres, superadas solamente por las plantas con flores (Gradstein et al., 2001; Estébanez, 2011). Con estos antecedentes a nivel mundial los ecosistemas albergan gran diversidad de briófitos con cerca de 15000 especies y más de 1200 géneros. Existen alrededor de 5000 especies de hepáticas, cerca de 100 especies de antocerotes y alrededor de 9000 especies de musgos (León Yáñez et al., 2006). En América tropical se han reportado 2600 especies de musgos, 1350 hepáticas y 30 antoceros; y un endemismo de 10 veces más que Europa y Norte América (Gradstein et al., 2001).

Se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 4700 msnm, crecen sobre varios sustratos: rocas, suelo, arena, agua, materia orgánica en descomposición (ramas y troncos caídos, hojarasca) y sobre otras plantas (hierbas, arbustos y árboles). Los ecosistemas tropicales presentan variedad de hábitats para el establecimiento y desarrollo de una gran diversidad de briófitos, por ello una de las características más sorprendente de los bosques lluviosos (montanos y de tierras bajas), y páramos, es la presencia de capas densas de almohadillas de briófitos que cubren el piso y el tronco de los árboles (Gradstein et al., 2001; Gradstein et al., 2003).

Importancia.

La importancia de los briófitos no es exclusivamente evolutiva pues se trata del segundo grupo de plantas terrestres más diversificado y aunque raramente dominan en

cuanto a biomasa los ecosistemas, juegan un papel estabilizador crecientemente reconocido (Estébanez, 2011).

A estos se les atribuye el papel como mitigadores de la erosión al interior del bosque, pues los tapetes que forman cuando crecen sobre el suelo, crean una capa que retiene el agua y las partículas del suelo en movimiento (Pócs, 1982). Además, al acumular materia orgánica sirven de sustrato para el establecimiento de plantas vasculares como orquídeas y son refugio de algunos invertebrados (Barrera & Osorio, 2008; Gradstein, 1992). Son plantas exitosas debido a que tienen la facilidad de propagarse y obtener los nutrientes necesarios de la lluvia (Barrera & Osorio, 2008), es decir, son reguladores de la disponibilidad de nutrientes (Estébanez, 2011), y se consideran importantes indicadores de la contaminación ambiental y alteración de los bosques ya que los briófitos son muy sensibles a la contaminación y puede tener un papel muy importante como bioindicadores de la polución ambiental (Gradstein et al., 2001; Barrera & Osorio, 2008).

Los musgos desarrollan un papel importante dentro del bosque debido a que forman el revestimiento que preserva al suelo de un enfriamiento superficial y de una desecación exagerada. Así mismo, retienen y almacenan una parte del agua caída, de esta manera actúan moderando la acción diluvial, también son capaces de absorber o de retener una parte importante de la humedad proporcionada por las nieblas, elemento importante en el crecimiento y desarrollo de los briófitos (Fernández & Collado, 2003). Tanto los musgos como las hepáticas juegan un papel fundamental en la regulación hídrica de los bosques (Uribe & Orrego, 2001). Además son los primeros colonizadores de rocas y suelos desnudos pobres en nutrientes (Barrera & Osorio, 2008).

Delgadillo & Cárdenas (1990), afirman que los briófitos son organismos que habitan en ambientes muy diversos, además resultan ser notables en algunos sustratos y tipo de vegetación. Generalmente en las selvas de elevaciones bajas son frecuentes en sitios abiertos donde el suministro de agua es continuo, también se encuentran en el interior de la selva especialmente sobre los troncos de los árboles. Los briófitos no toleran las perturbaciones producidas de forma natural o por el hombre y tampoco la competencia por plantas de mayor tamaño. En bosques de elevaciones intermedias, la biomasa y diversidad de los briófitos pueden ser mayores que en las selvas. En partes altas se encuentran principalmente en espacios abiertos como las rocas. En los desiertos también se encuentran algunas especies de briófitos aunque no alcanzan un desarrollo exuberante debido a que el agua y las altas temperaturas son factores limitantes, por lo cual muestran una serie de adaptaciones muy peculiares para captar agua y resistir desecación. Los briófitos en estas condiciones pueden ser de vida efímera. En sitios recientemente perturbados o sobre

árboles y rocas de los bosques. Se encuentran entre los primeros colonizadores, junto con las algas y los líquenes que con frecuencia son parte de procesos sucesionales claramente discernibles en tipo y el espacio. Los briófitos mantienen relaciones ecológicas de varios tipos con otros organismos (bacterias y hongos).

1.4. Briófitos en Ecuador.

Diversidad.

En Ecuador se han registrado cerca de 1600 especies de briófitos, de las cuales 900 son musgos y 700 son hepáticas y antoceros hasta ahora registradas (Churchill et al., 2000; León-Yanez et al., 2006)

Estudios de distribución potencial.

En las últimas décadas los modelos de distribución potencial han sido ampliamente utilizados, aplicándose a un sin número de estudios con diferentes organismos como: angiospermas, mamíferos, aves, hongos, anfibios, reptiles, himenópteros, peces, helechos, insectos, y briófitos (Zaniewski et al., 2002; Domínguez et al., 2006; Martínez et al., 2008; Pineda & Lobo, 2008; Puschendorf et al., 2009; Zanini et al., 2009; Wohlgemuth et al., 2008; Wollan et al., 2008; Brambilla et al., 2009; Hinojosa et al., 2009; Thorn et al., 2009; Vegar., et al., 2009; Titeux et al., 2009).

Varios estudios han documentado la utilidad de esta herramienta en investigaciones para conocer la distribución potencial de briófitos. Por mencionar algunos tenemos:

Distribución de los briófitos de las Azores hasta 1999, su distribución de isla y la información sobre su presencia en otros lugares, incluyendo Madeira y las Islas Canarias (Sjögren, 2001). Modelos de distribución de abundancias en comunidades de briófitos en la zona cafetera del departamento del Quindío (Uribe & Orrego, 2001). Estudio preliminar de la morfología y distribución geográfica del género *Megaceros* en Panamá (Villarreal & Salazar, 2002). Un estudio sobre la taxonomía y distribución de Encalyptaceae en China (Zhao et al., 2002). Distribución espacial de *Bryopteris filicina* en la Selva Lacandona (Equihua, 2002). Modelado de la distribución geográfica de la epífita musgo *Macromitrium japonicum* Dozy & Molk. en China (Yu et al., 2013). Modelado basado en información ecológica para la extensión de la evaluación de ocurrencia. En este estudio, se propone el uso de métodos de modelado de nicho ecológico para estimar la extensión de la presencia (EOO) de las especies (Sérgio et al., 2006). Modelado de la Distribución de *Sematophyllum substrumulosum* (Hampe) E.Britton. como una señal de los cambios climáticos en Europa

(Sérgio et al., 2011). Diversidad y zonas de distribución potencial de briófitos en Ecuador (Arévalo et al., 2014) entre otros.

Estado de conservación.

En la UICN desde 1991 existe un grupo especializado trabajando en este grupo de plantas con el objetivo de incrementar los conocimientos botánicos, ecológicos y de formar especialistas en el tema (Sabucedo et al., 2003). Pese a esto aún existe poca información sobre briófitos en el Ecuador que no ha permitido que estos organismos se sumen dentro de las áreas protegidas del Ecuador. Actualmente solo 26 especies se encuentran del SNAP y 13 de ellas se encuentran en Galápagos. En el Ecuador se han registrado 63 especies de briófitos endémicas, 41 no han podido ser evaluadas debido a la falta de información acerca de estos organismos, 4 se consideran En Peligro Crítico, 1 En Peligro, 9 son Vulnerables, 2 Casi Amenazadas y 6 de Preocupación Menor (León-Yáñez, 2011).

CAPÍTULO II

2. Materiales y métodos.

2.1. Área de estudio.

Se ha considerado al Ecuador continental como área de estudio, Ecuador se encuentra ubicado en el hemisferio occidental al noroeste de América del Sur, limita al norte con Colombia, al sur y al oeste con el Océano Pacífico (Figura 1), entre las latitudes $01^{\circ}30'$ N y $03^{\circ}23.5'$ S y las longitudes $75^{\circ}12'$ W y $81^{\circ}00'$ W, tiene una extensión de aproximadamente 262.826 Km² (Instituto Geográfico Militar, 2013).

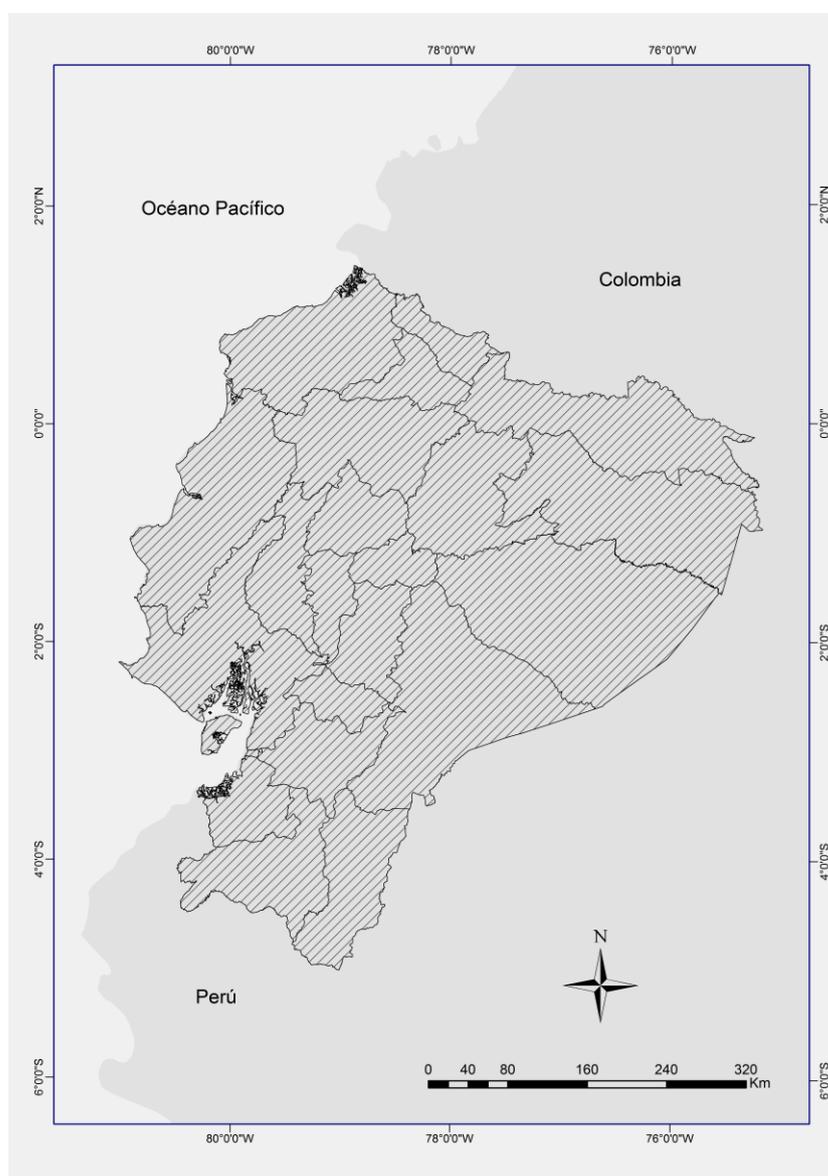


Figura 1. Ecuador continental.
Elaboración: La autora

2.2. Recolección de datos.

La primera etapa consistió en la recopilación y organización de información de artículos científicos, monografías, catálogos y bases de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<http://www.gbif.org/>) y Tropicos (<http://www.tropicos.org/>) que contenían datos de presencia de las especies (Tabla 3). A partir de esto se realizó una exploración de datos en donde se seleccionaron las especies que cumplían con los siguientes criterios: 1. Que todas las especies estén taxonómicamente bien estudiadas, 2. Que tengan la mayor cantidad de puntos de presencia en el área de estudio (Anexo 6). Las especies seleccionadas fueron: *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger, *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees, *Bryum argenteum* Hedw, *Jamesoniella rubricaulis* Raddi, *Lepicolea pruinosa* (Taylor) Spruce, *Plagiochila pachyloma* Taylor, *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris y *Sphagnum magellanicum* Brid (Anexo 7).

La segunda etapa se enfocó en realizar visitas al herbario HUTPL (Herbario Universidad Técnica Particular de Loja) que cuenta con colecciones de los organismos seleccionados. Finalmente se diseñó una base de datos con referencias bibliográficas y los datos de presencia de las especies (Anexo 6) e información relacionada con taxonomía y ecología de las especies.

Tabla 3. Ejemplo de la matriz usada para la recopilación y organización de información.

Especies	Datos de ocurrencia		Altitud	Ecología	Bibliografía	Comentarios
	Longitud	Latitud				
<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger.						
<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees.						
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.						
<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi.						
<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce.						
<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor.						
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.						
<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris.						
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.						

2.3. Análisis de datos.

Para modelar distribución potencial de briófitos en Ecuador, se utilizó el método de máxima entropía (MaxEnt), método de uso general para hacer predicciones o inferencias con información incompleta o que involucran juegos de datos de solo presencia (Phillips et al., 2006). Con los puntos de presencia de las especies y con un set de 19 variables bioclimáticas del worldclim (www.worldclim.org) derivadas de los valores de temperatura y precipitación media mensual (con resolución de aproximadamente 1 km), 1 variable de cobertura vegetal (sierra), 2 variables topográficas (elevación y pendiente) (Tabla 4).

Tabla 4. Variables utilizadas para modelar la distribución potencial de las especies de briófitos.

Factor	Código	Variable ambiental	Fuente
Clima	Bio1	Temperatura media anual	Worldclim
	Bio2	Rango de temperatura media mensual	Worldclim
	Bio3	Isotermalidad (Bio 2/Bio7) (*100)	Worldclim
	Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)	Worldclim
	Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	Worldclim
	Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	Worldclim
	Bio7	Rango anual de temperatura (Bio5-Bio6)	Worldclim
	Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo	Worldclim
	Bio9	Temperatura media del trimestre más seco	Worldclim
	Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido	Worldclim
	Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	Worldclim
	Bio12	Precipitación anual	Worldclim
	Bio13	Precipitación del mes más húmedo	Worldclim
	Bio14	Precipitación del mes más seco	Worldclim
	Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)	Worldclim
	Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	Worldclim
	Bio17	Precipitación del trimestre más seco	Worldclim
	Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	Worldclim
	Bio19	Precipitación del trimestre más frío	Worldclim
Topografía	ELEVATION	Elevación	GTOPO30
	slope	Pendiente	SNI
Cobertura	sierra	Cobertura vegetal	SNI

Los modelos fueron evaluados a través de la curva operativa característica del receptor (ROC) calculando el área bajo la curva (AUC) (Fielding & Bell, 1997). Los valores de AUC fluctúan de 0 a 1, donde 0.5 indica que el modelo no tiene poder predictivo, 1 significa una discriminación o un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (Guisan et al., 2007). Se realizaron 10 repeticiones aleatorias de las localidades con presencia, cada partición se creó por selección aleatoria del 75% de las localidades de presencia como datos de entrenamiento, con el 25% restante se evaluaron los modelos resultantes para cada especie.

Los mapas resultantes producidos en MaxEnt, mostraron la distribución potencial de cada especie, representados en una gradiente de colores para indicar la probabilidad de las condiciones adecuadas, en la cual: el color rojo indica una alta probabilidad (75%-100%), el azul indica las condiciones típicas de aquéllos lugares donde la especie se encuentra (50%-75%) y sombras más tenues como el celeste y blanco indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas (0%- 50%) (Phillips et al., 2006). A partir de esto se calculó el área de distribución potencial de la especies en el Ecuador fuera y dentro de SNAP con ayuda de los SIG (ArcGis 10.1) que proporciona las herramientas necesarias para capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

CAPÍTULO III

3. Resultados y discusión

Especie 1. *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger.

El modelo resultante indicó que la zona de mayor distribución potencial para esta especie se localizó en la zona central de los Andes (Figura 2), y potencialmente distribuida en 15 provincias con un área total de 137549 ha, especialmente en las provincias de Sucumbíos y Tungurahua (Anexo 1), representando un 0,56% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 35959 ha en 10 áreas protegidas, particularmente en La Reserva Ecológica Cayambe Coca (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 0,85%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 2) solo el 26,14% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger

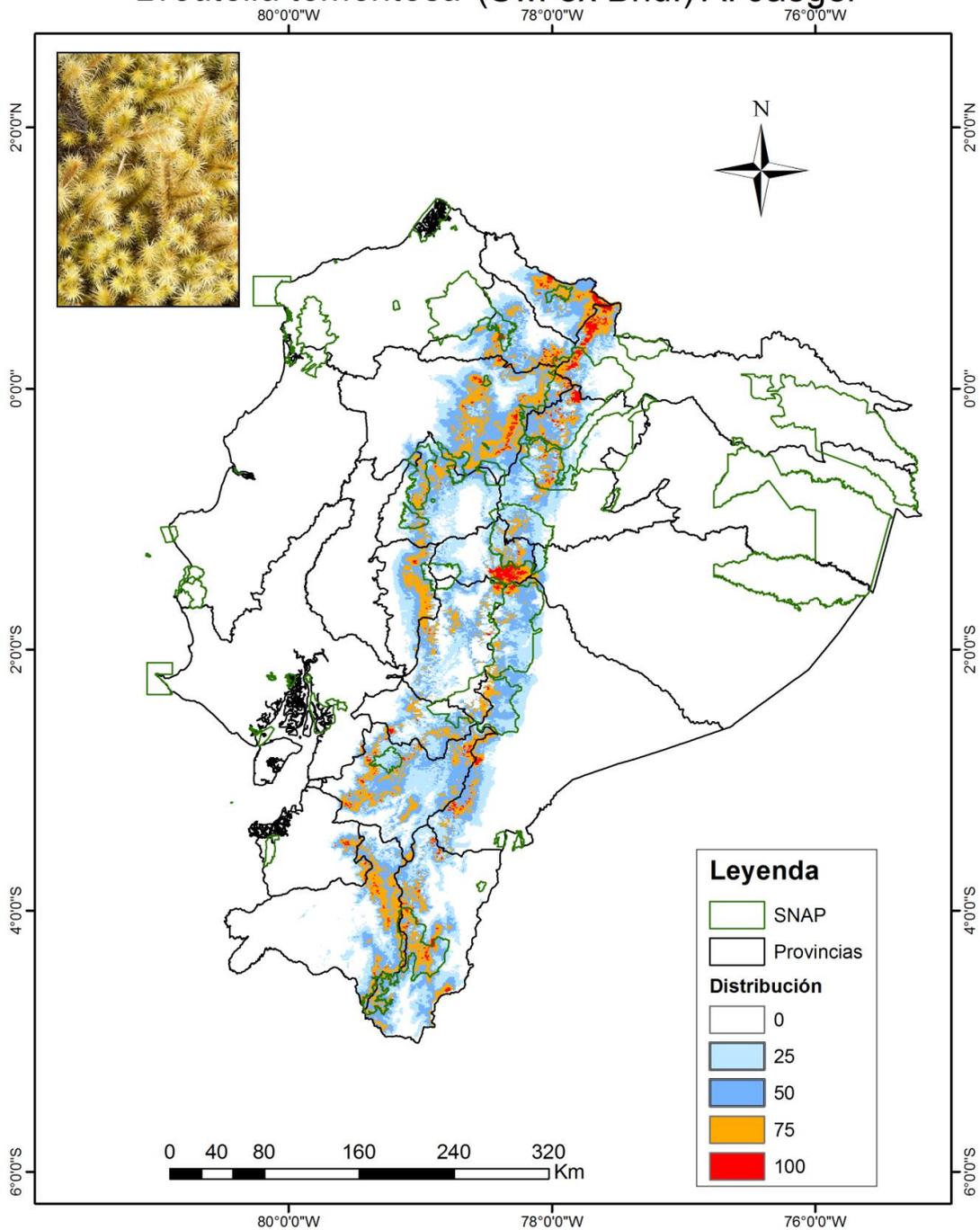


Figura 2. Distribución potencial de *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger en Ecuador continental.

Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 1500 a 3720 msnm, tal como lo expone Churchill et al. (2000), quienes afirman que *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger, se encuentra en un rango altitudinal de 1950-3750 msnm y según León-

Yáñez et al. (2013), éste género (*Breutelia*) crece en sitios montanos abiertos y páramo entre los 2000 y 4700 msnm.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,89575 y una desviación estándar de (0.0065). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, precipitación del mes más húmedo y formaciones vegetales de sierra, con el 82%, 6,3% y 4,4% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la elevación, es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parecen tener la información más útil por sí mismas (Figura 3). Esta diferencia es mínima con la temperatura media del trimestre más frío, temperatura media del trimestre más húmedo, temperatura mínima del mes más frío, temperatura media anual, temperatura media del trimestre más cálido, temperatura media del trimestre más seco y la temperatura máxima del mes más cálido.

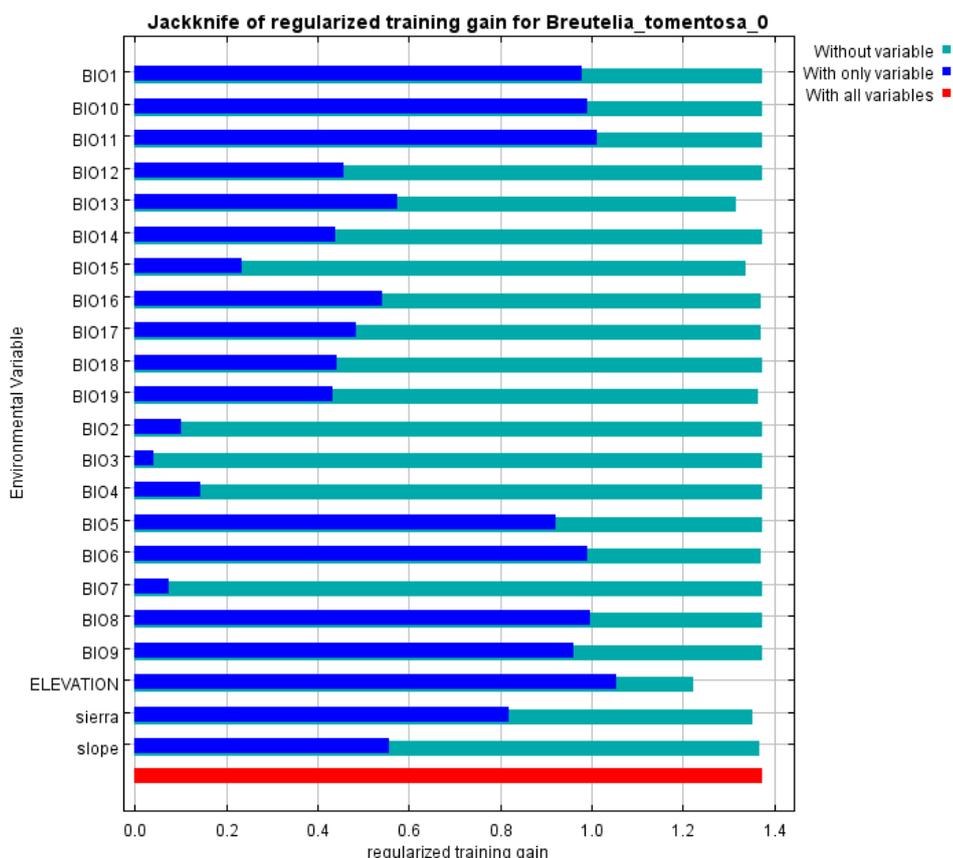


Figura 3. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Breutelia tomentosa* (Sw. ex Brid.) A. Jaeger.

Especie 2. *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees.

El modelo resultante para esta especie (Figura 4), indica que potencialmente está distribuida en 19 provincias con un área total de 294765 ha, especialmente en las provincias de Zamora Chinchipe, Pichincha, Sucumbíos, Guayas y Bolívar (Anexo 1), representando un 1,19% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 52087 ha en 9 áreas protegidas, especialmente en el Parque Nacional Llanganates, La Reserva Ecológica Cayambe Coca y el Parque Nacional Podocarpus (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 1,23%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 4) solo el 17,67% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees

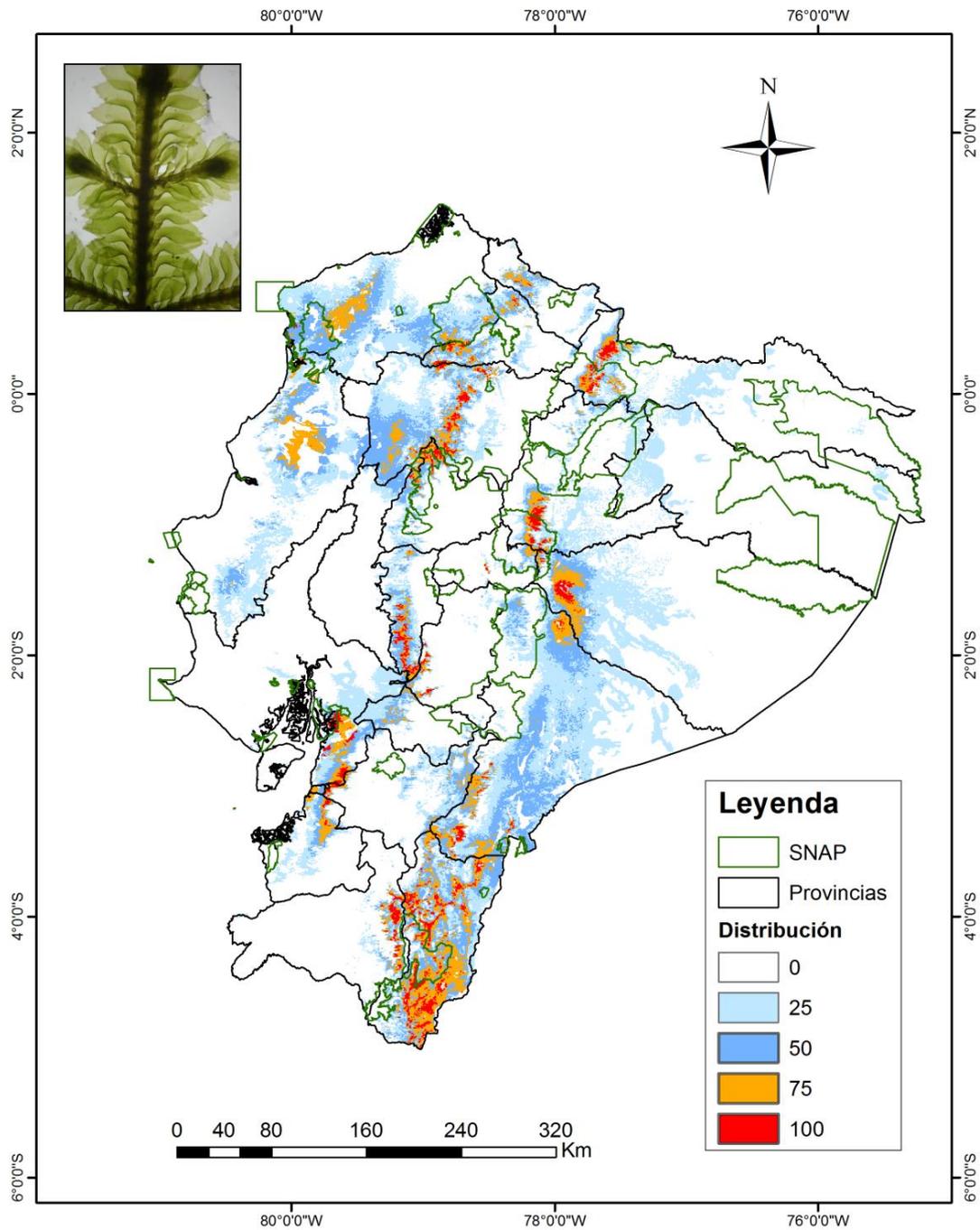


Figura 4. Distribución potencial de especie *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees, en Ecuador continental.

Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 100-2200 msnm, tal como lo exponen León-Yáñez et al. (2006), quienes afirman que *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees., se encuentra en un rango altitudinal de 700-2150 msnm.

El modelo resultante presentó alta precisión AUC de 0,86 y una desviación estándar de 0,0069 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: pendiente, elevación y precipitación anual con el 32,8%, 17,3% y 10,3% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la pendiente es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí mismo (Figura 5). Es mínima la diferencia con la elevación.

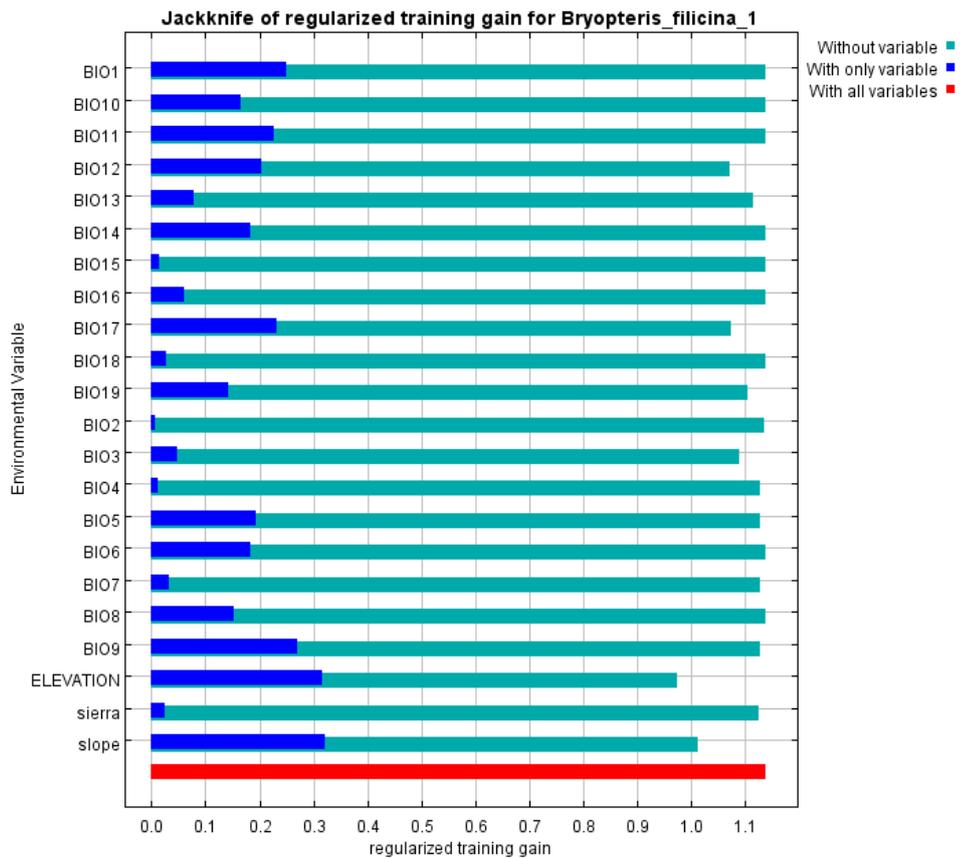


Figura 5. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Bryopteris filicina* (Sw.) Nees.

Especie 3. *Bryum argenteum* Hedw.

El modelo resultante presentó que la zona de mayor distribución potencial de la especie se localizó en la zona central de los Andes (Figura 6), distribuyéndose potencialmente en 16 provincias con un área total de 78417 ha, especialmente en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Loja (Anexo 1), representando un 0,32% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 15983 ha en 6 áreas protegidas, particularmente en la Reserva Ecológica Los Ilinizas (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 0,36%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 6) el 20,38% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Bryum argenteum* Hedw.

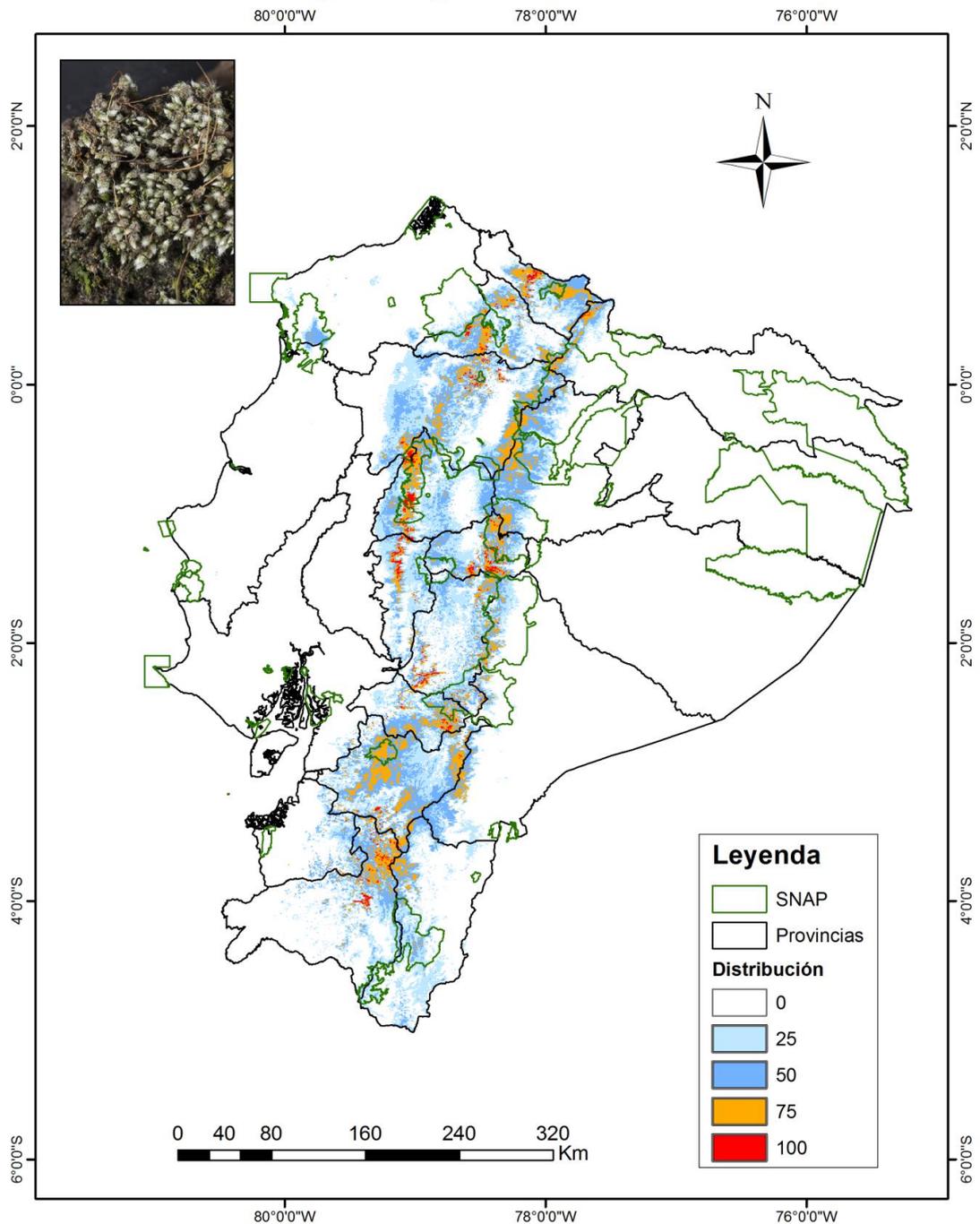


Figura 6. Distribución potencial de *Bryum argenteum* Hedw. en Ecuador continental.
Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 825 a 4250 msnm, tal como lo expone Churchill et al. (1995; 2000), quienes afirman que *Bryum argenteum* Hedw. es una especie común desde zonas de mediana a elevada altitud y se encuentra en un rango altitudinal de 1000- 4200 msnm y según León-Yáñez et al., (2006), éste género

(*Bryum*) también puede encontrarse en tierras bajas; desde el nivel del mar hasta los 4500 msnm. (León-Yáñez et al., 2006).

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9246 y una desviación estándar de 0,0069 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, precipitación del trimestre más frío y precipitación del trimestre más seco con el 52,8%, 13,8% y 5,7% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la precipitación del trimestre más frío es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí mismo (Figura 7). Es mínima la diferencia con la elevación.

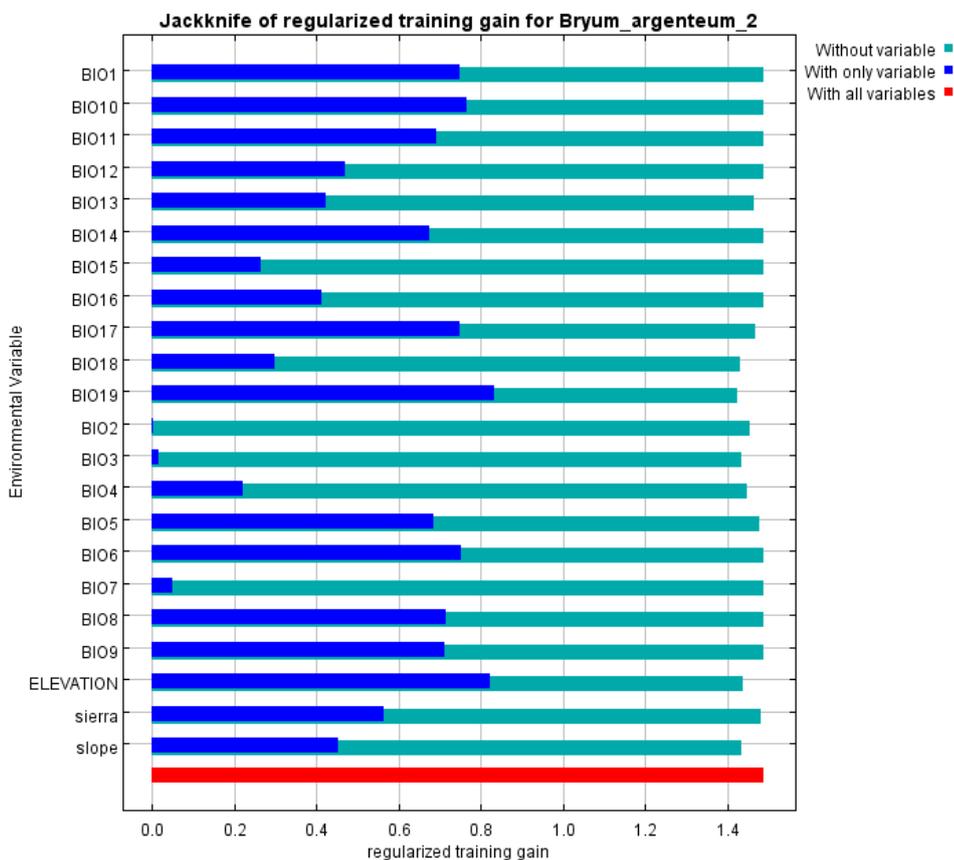


Figura 7. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Bryum argenteum* Hedw.

Especie 4. *Jamesoniella rubricaulis* Raddi.

El modelo resultante mostró que la zona de mayor distribución potencial para esta especie se localizó en los Andes (Figura 8), potencialmente distribuida en 10 provincias con un área total de 164720 ha, especialmente en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Anexo 1), representando un 0,66% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 67850 ha en 7 áreas protegidas, particularmente en el Parque Nacional Podocarpus (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 1,60%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 8) el 41,19% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Jamesoniella rubricaulis* Raddi

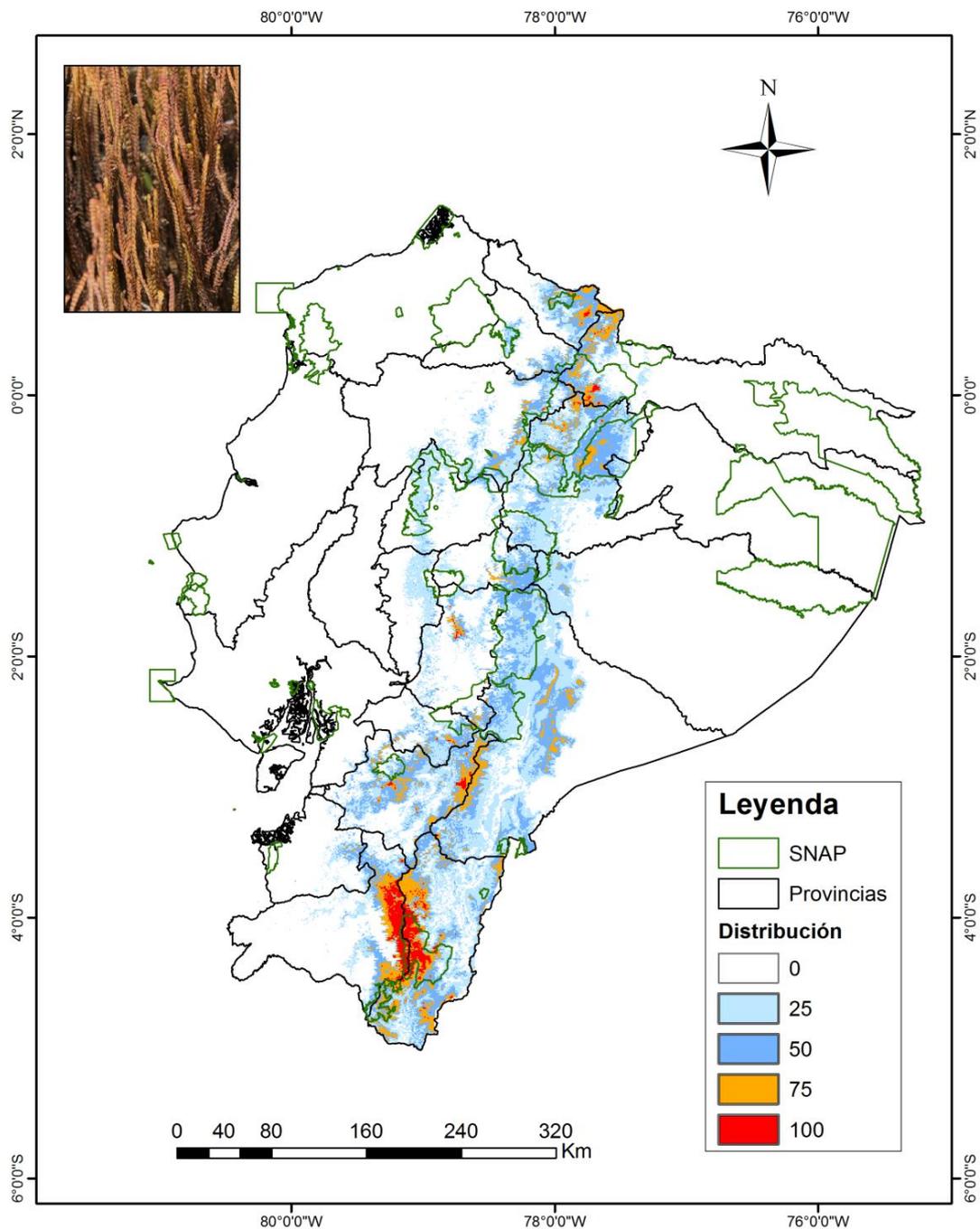


Figura 8. Distribución potencial de *Jamesoniella rubricaulis* Raddi en Ecuador continental.
Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 1500 a 4050 msnm, tal como lo expone León-Yáñez et al. (2013;); León-Yáñez et al., (2006), quienes afirman que *Jamesoniella rubricaulis* Raddi, es muy común en los páramos, también crece en los bosques nublados alto montanos y se encuentra en un rango altitudinal de 1500- 4500 msnm.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9106 y una desviación estándar de 0,0177 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, precipitación del mes más seco y temperatura mínima del mes más frío con el 54,9%, 9,4% y 7% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la temperatura media del trimestre más húmedo y la elevación, son las variables ambientales con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parecen tener la información más útil por sí mismo (Figura 9). Es mínima la diferencia con la temperatura mínima del mes más frío, temperatura media del trimestre más frío y la temperatura media anual.

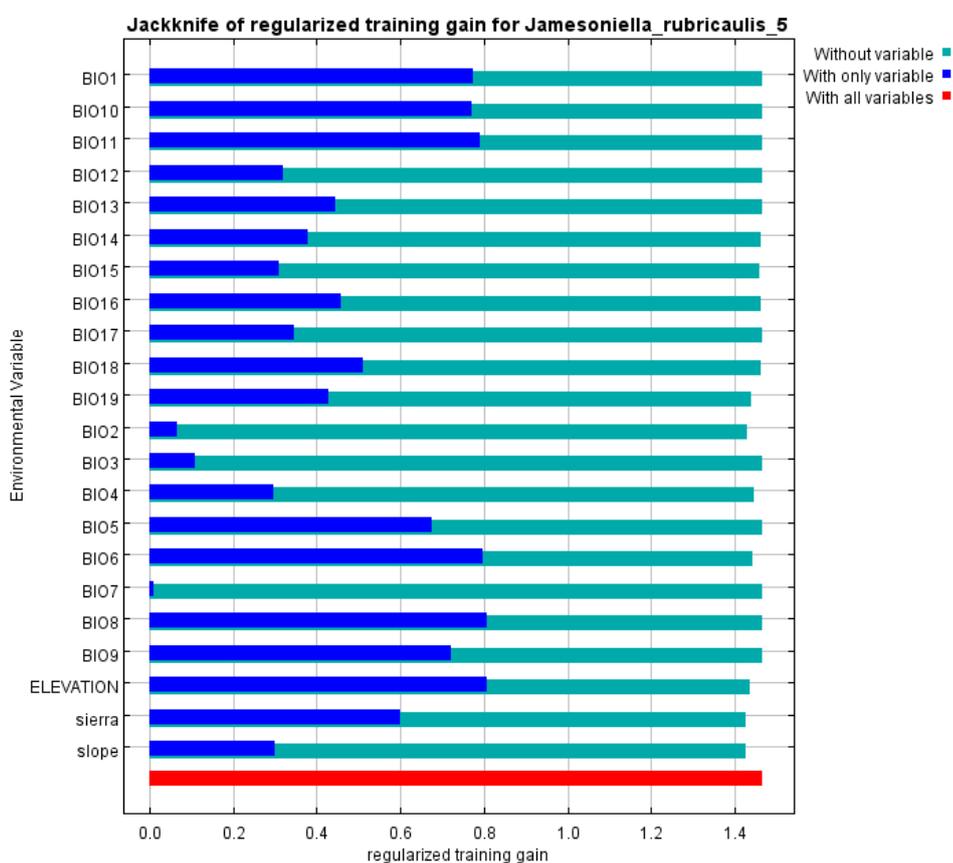


Figura 9. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Jamesoniella rubricaulis* Raddi.

Especie 5. *Lepicolea pruinos* (Taylor) Spruce.

El modelo resultante indicó que la zona de mayor distribución potencial se localizó en la zona central de los Andes (Figura 10), potencialmente distribuida en 14 provincias con un área total de 231232 ha, especialmente en las provincias de Azuay, Napo y Sucumbíos (Anexo 1), representando un 0,93% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 58228 ha en 7 áreas protegidas, especialmente en el Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras y la Reserva Ecológica Cayambe Coca (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 1,37%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 10) solo el 25,18% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Lepicolea pruinos* (Taylor) Spruce

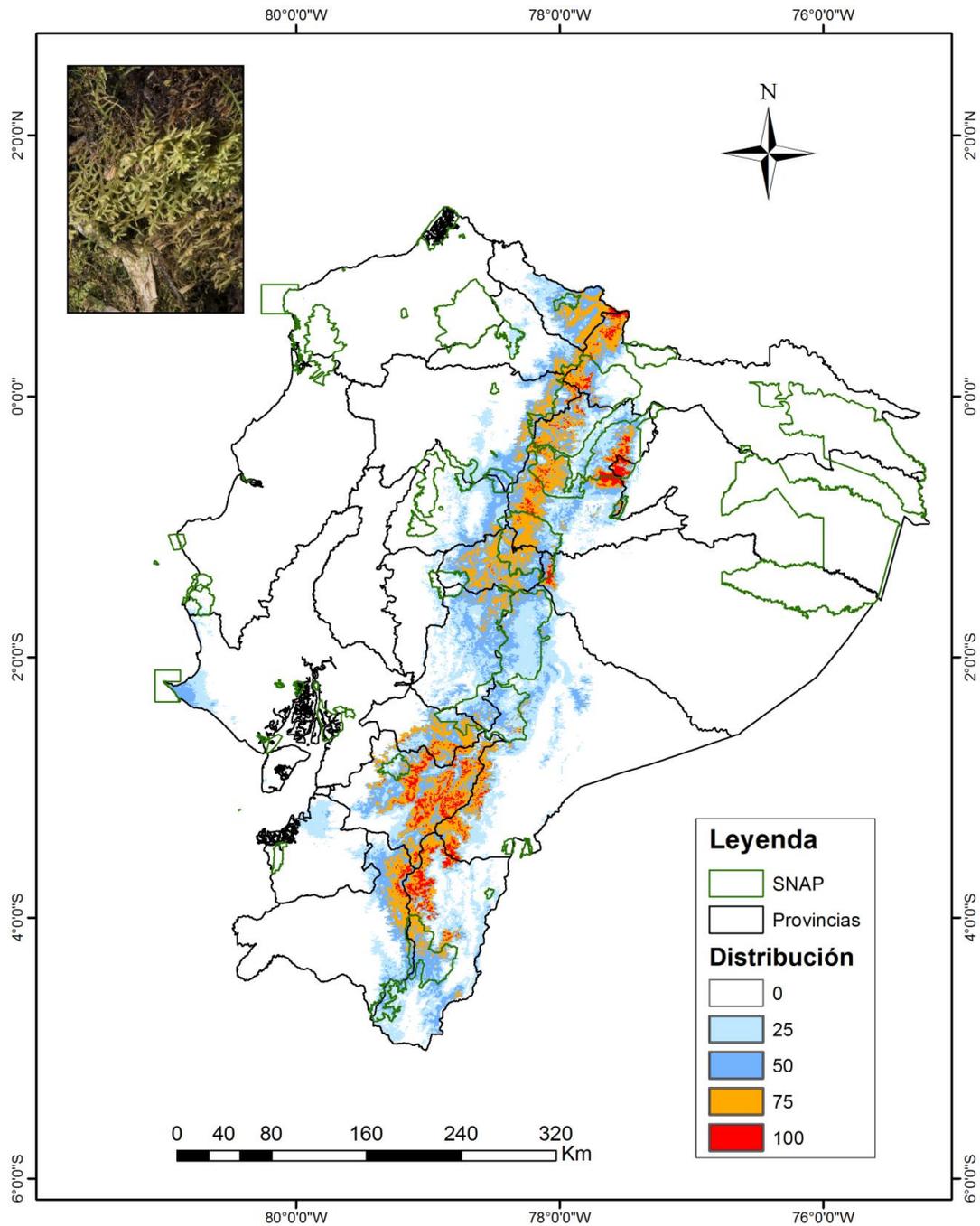


Figura 10. Distribución potencial de *Lepicolea pruinos* (Taylor) Spruce en Ecuador continental.
Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 2350 a 4100 msnm, tal como lo expone León-Yáñez et al. (2013), quienes afirman que *Lepicolea pruinos* (Taylor) Spruce, es una planta característica del bosque alto-montano y el matorral de sub-páramo y se encuentra en un rango altitudinal de 2000- 4000 msnm.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9168 y una desviación estándar de 0,0127 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, precipitación del mes más húmedo y precipitación del mes más seco con el 58%, 8,3% y 8,1% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la elevación es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí mismo (Figura 11). Es mínima la diferencia con el resto de variables.

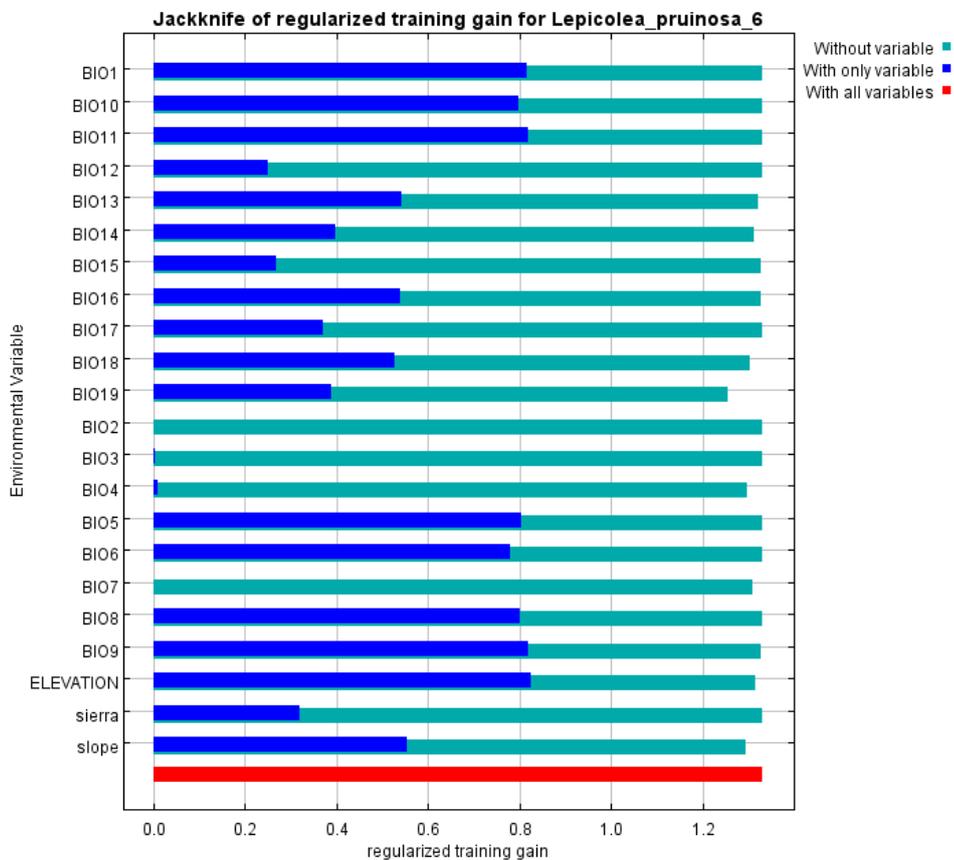


Figura 11. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Lepicolea pruinososa* (Taylor) Spruce.

Especie 6. *Plagiochila pachyloma* Taylor.

El modelo resultante presentó que la zona de mayor distribución potencial se localizó en la zona central de los Andes (Figura 12), potencialmente distribuida en 10 provincias con un área total de 166988 ha, especialmente en las provincias de Pichincha, Imbabura y Cotopaxi (Anexo 1), representando un 0,67% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 11473 ha en 9 áreas protegidas, particularmente en la Reserva Ecológica Los Ilinizas (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 0,27%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 12) solo el 6,87% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Plagiochila pachyloma* Taylor

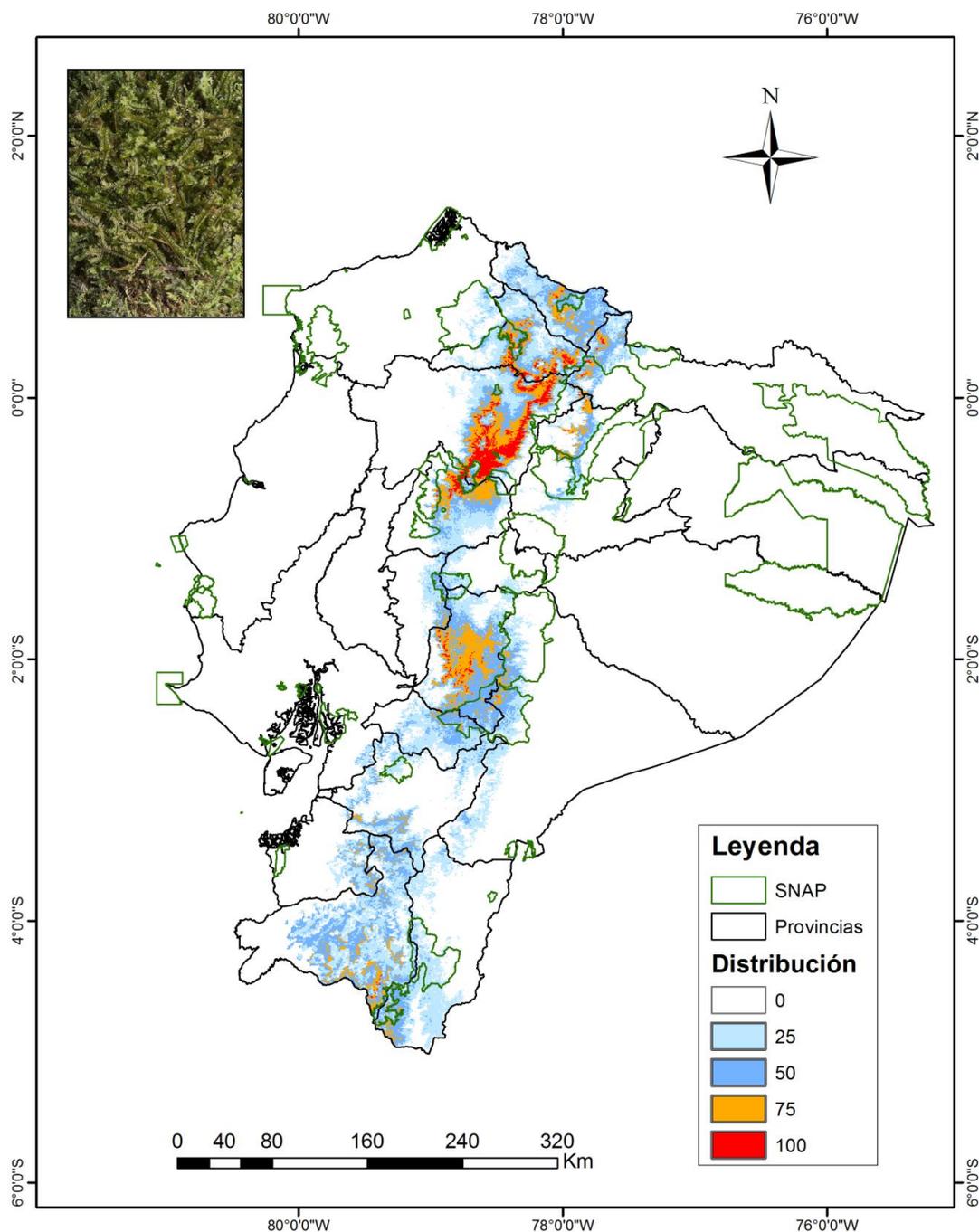


Figura 12. Distribución potencial de *Plagiochila pachyloma* Taylor en Ecuador continental.
Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 2500 a 3630 msnm, tal como lo expone León-Yáñez et al. (2006), quien afirma que *Plagiochila pachyloma* Taylor, se encuentra en un rango altitudinal de 2000- 3620 msnm y según León-Yáñez et al. (2006), éste género (*Plagiochila*) es uno de los más abundantes en los bosques nublados

montanos, además se encuentra en los bosques de tierras bajas y páramos desde el nivel del mar hasta los 4300 msnm.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9083 y una desviación estándar de 0,016 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, Isotermalidad y rango de temperatura media mensual con el 44%, 29,9% y 11,1% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la isotermalidad, la elevación y la temperatura mínima del mes más frío son las variables ambientales con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí mismo (Figura 13). La diferencia es significativa en relación a las demás variables.

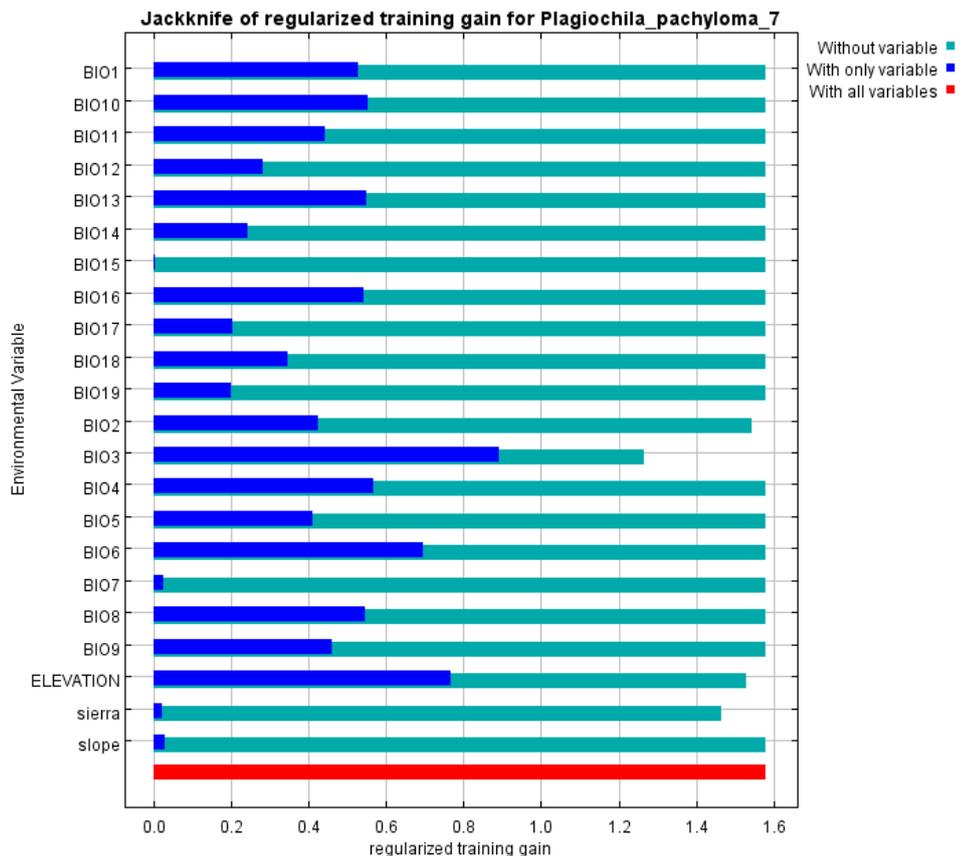


Figura 13. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Plagiochila pachyloma* Taylor.

Especie 7. *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.

El modelo resultante indicó que la zona de mayor distribución potencial se localizó en la zona central de los Andes (Figura 14), distribuida potencialmente en 10 provincias con un área total de 92792 ha, especialmente en las provincias de Pichincha y Napo (Anexo 1), representando un 0,37% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 58659 ha en 6 áreas protegidas, especialmente en la Reserva Ecológica Cayambe Coca y Reserva Ecológica Antisana (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 1,38%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 14) el 63,21% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.

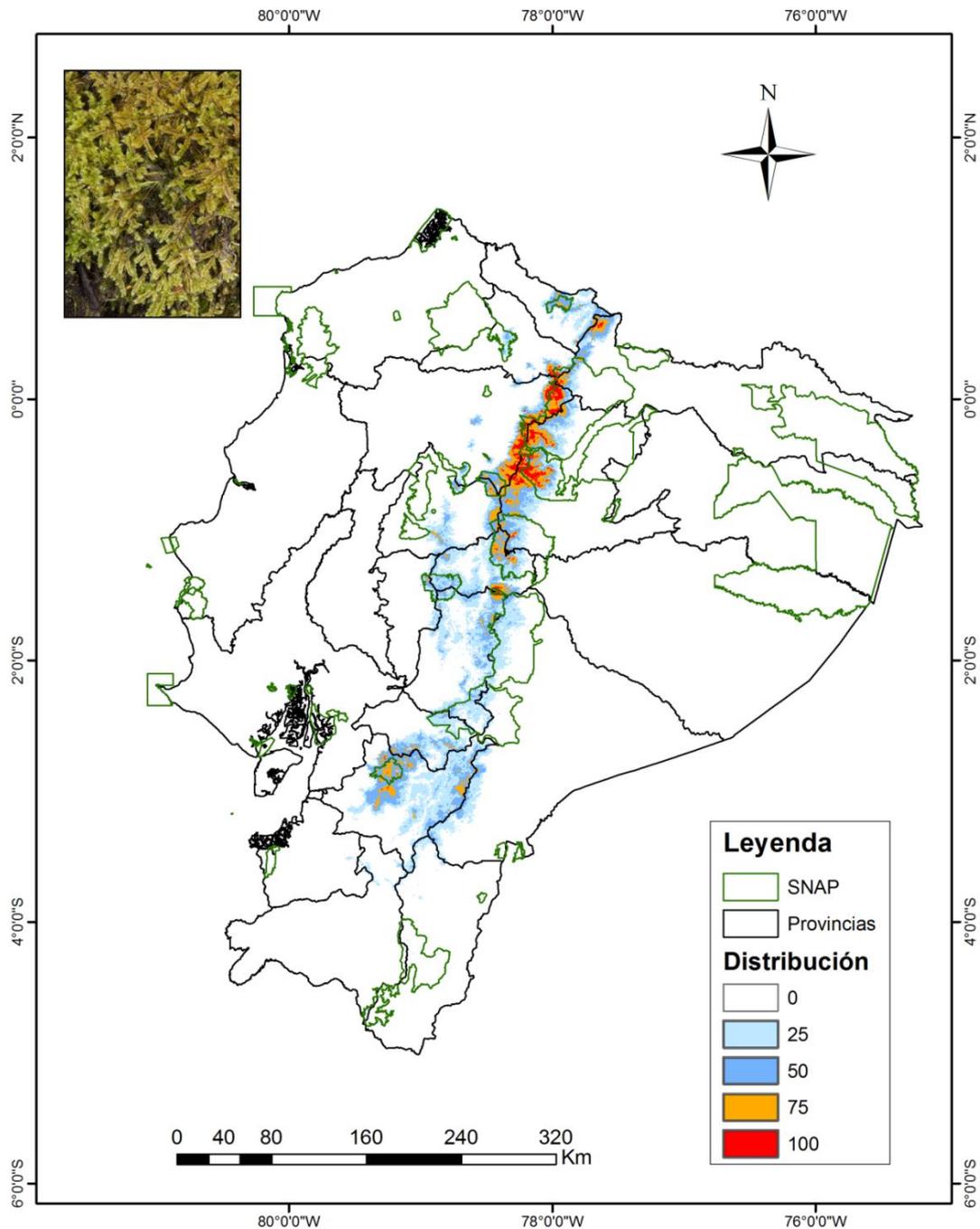


Figura 14. Distribución potencial de *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. en Ecuador continental.

Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 2900 a 4200 msnm, tal como lo expone Churchill et al. (2000), quienes afirman que *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., se encuentra en un rango altitudinal de 2900- 4200 msnm y según Churchill et al.

(1995); León-Yáñez et al. (2013), afirman que esta especie se encuentra desde los bosques alto andinos hasta el páramo, en sitios abiertos.

El modelo resultante indicó alta precisión un valor AUC de 0,96675 y una desviación estándar de 0,0045 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación y temperatura media del trimestre más frío con el 37,9% y 34,3% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la elevación es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma (Figura 15). Es mínima la diferencia con la temperatura media del trimestre más frío.

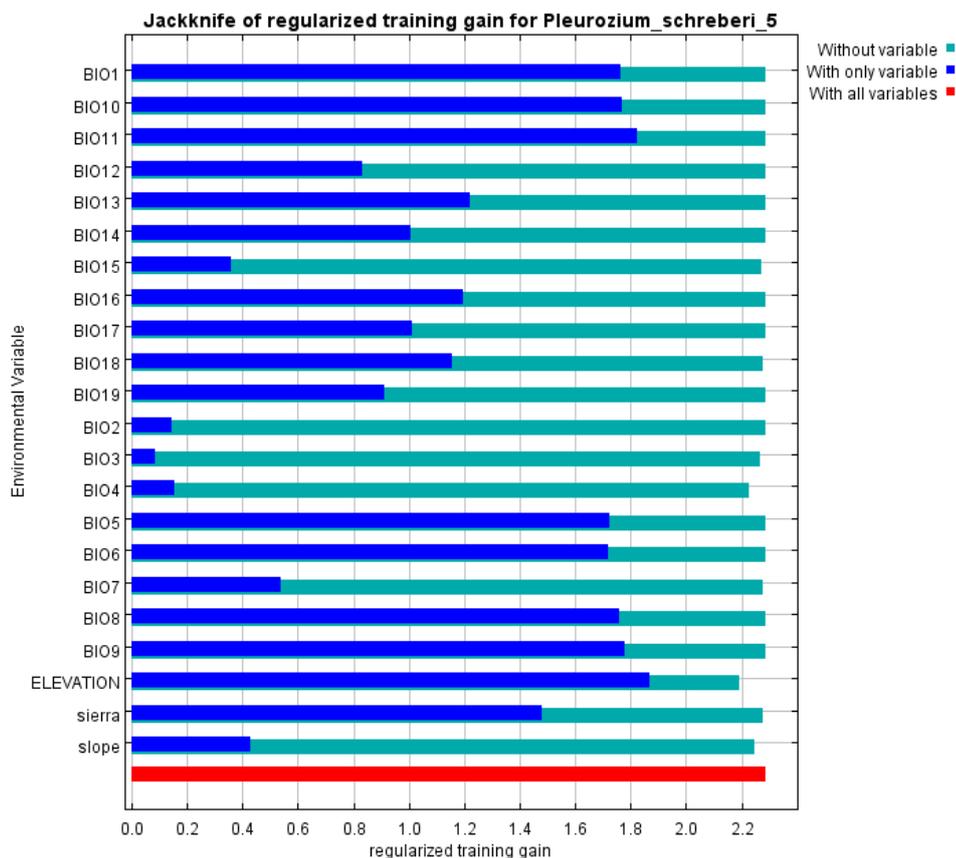


Figura 15. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.

Especie 8. *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris.

El modelo resultante mostró que la zona de mayor distribución potencial se localizó en la zona central de los Andes (Figura 16), potencialmente distribuida en 12 provincias con un área total de 206194 ha, especialmente en las provincias de Napo, Azuay y Tungurahua (Anexo 1), representando un 0,83% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 116225 ha en 8 áreas protegidas, especialmente en la Reserva Ecológica Cayambe Coca, Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras, Parque Nacional Llanganates, Reserva Ecológica Antisana, Parque Nacional Sangay (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 2,74%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 16) el 56,37% se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris

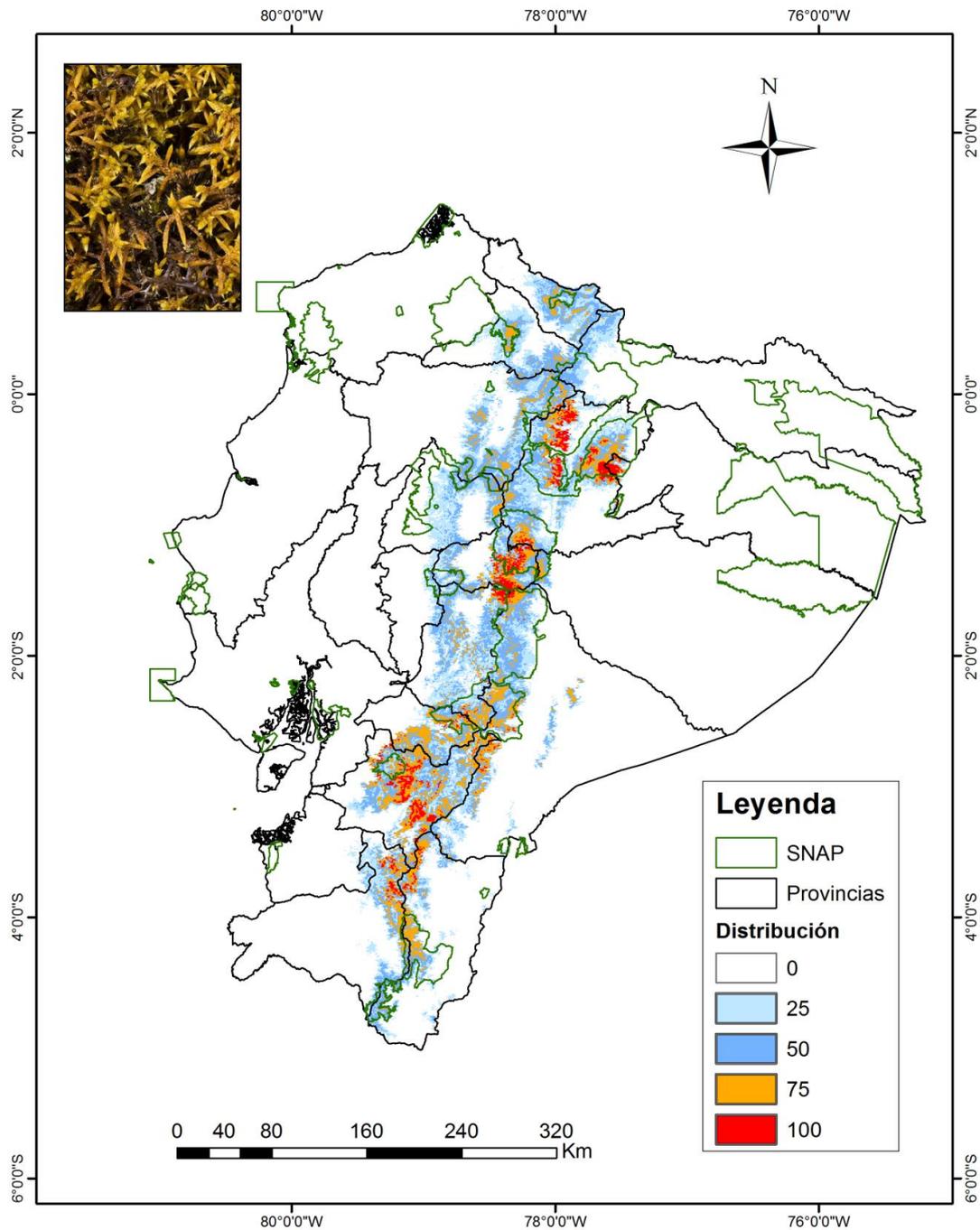


Figura 16. Distribución potencial de *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris en Ecuador continental.

Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 2350 a 4150 msnm, tal como lo expone Churchill et al. (2000), quienes afirman que *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris, se encuentra en un rango altitudinal de 2000- 4600 msnm y es una planta característica de sitios alto montanos abiertos y páramo.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9327 y una desviación estándar de 0,0048 (Anexo 5). Las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, precipitación del mes más seco y temperatura media anual con el 66,6%, 6% y 5,8% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la temperatura media anual es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma (Figura 17). Es mínima la diferencia con la temperatura media del trimestre más húmedo y la elevación.

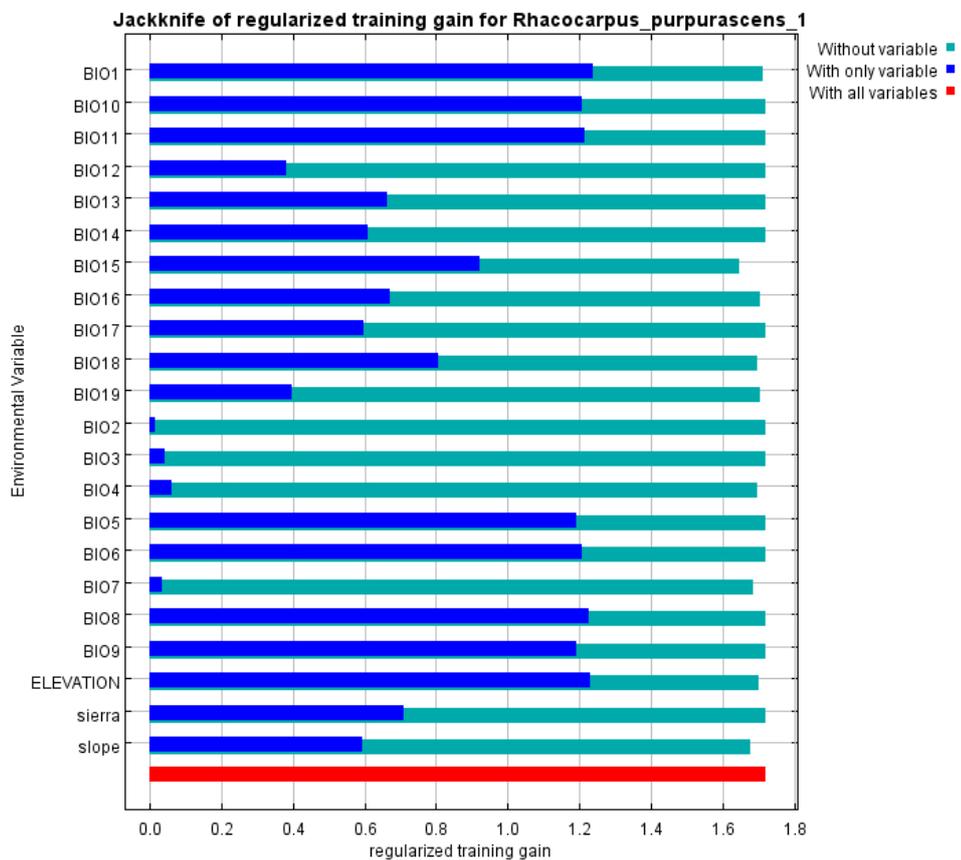


Figura 17. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris.

Especie 9. *Sphagnum magellanicum* Brid.

El modelo resultante indicó que la zona de mayor distribución potencial se localizó en la zona central de los Andes (Figura 18), potencialmente distribuida en 13 provincias con un área total de 121827 ha, especialmente en las provincias de Azuay, Loja y Cañar (Anexo 1), representando un 0,49% en relación al área total (Ecuador). Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie dentro del SNAP con un área potencial total de 26715 ha en 9 áreas protegidas, especialmente en la Reserva Ecológica Cayambe Coca y Reserva Ecológica El Angel (Anexo 2); no obstante, su área potencial dentro del SNAP es de 0,63%. Del área representada como alta probabilidad (75%-100%) de esta especie (área de color rojo) (figura 18) solo el 21,93 % se encuentra actualmente dentro del SNAP (Anexo 3).

Distribución Potencial de *Sphagnum magellanicum* Brid.

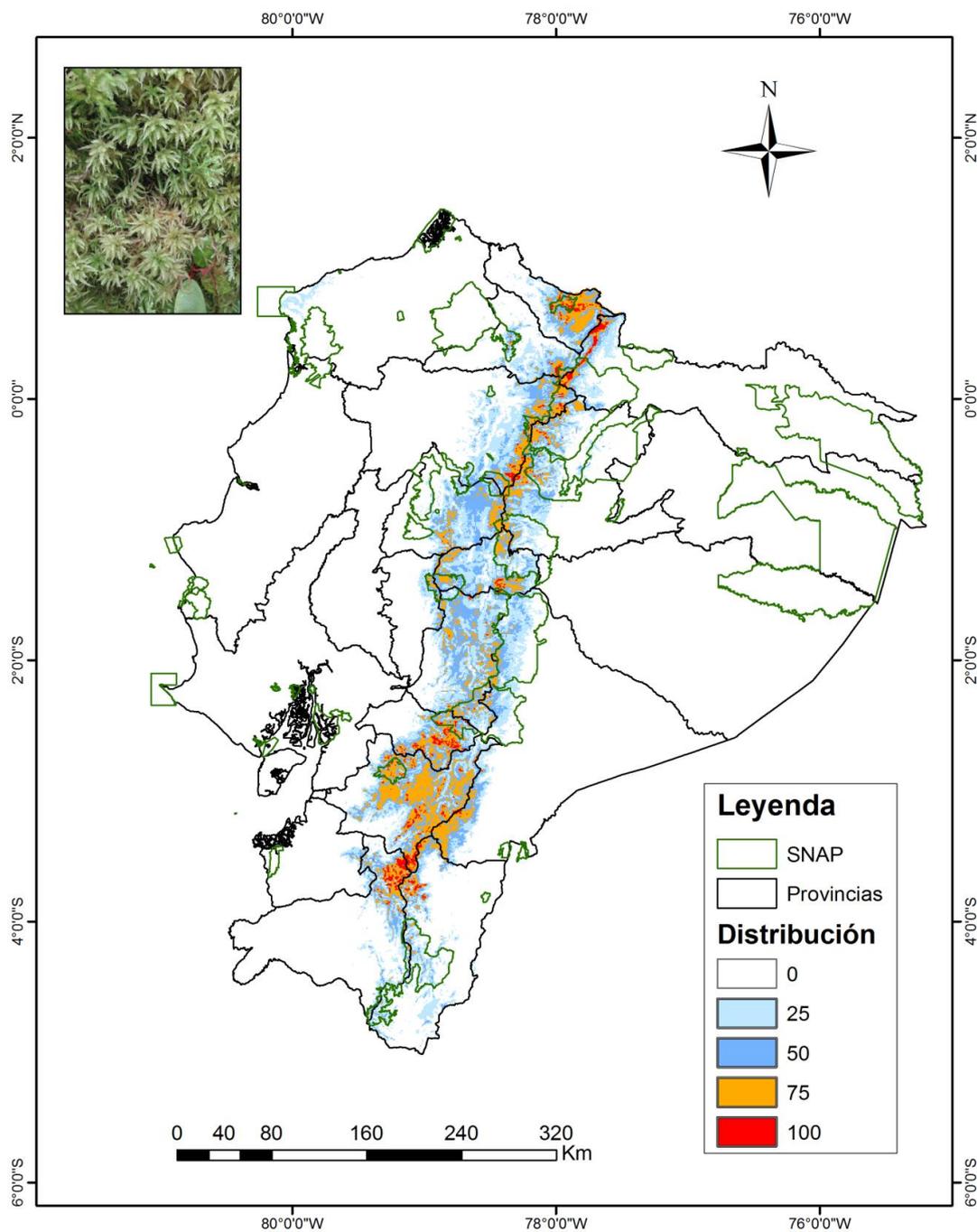


Figura 18. Distribución potencial de *Sphagnum magellanicum* Brid. Paris en Ecuador continental.

Elaboración: La autora

Los puntos de presencia de esta especie se registraron de 1330 a 4100 msnm, tal como lo expone León-Yáñez et al. (2013), quienes afirman que *Sphagnum magellanicum* Brid. Paris, se encuentra en un rango altitudinal de 1000- 4400 msnm y según Churchill et al. (2013), esta especie es ampliamente distribuida, en los trópicos de altitudes medias a altas.

El modelo resultante indicó alta precisión AUC de 0,9208 y una desviación estándar de 0,0091 (Anexo 5). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son: elevación, pendiente, precipitación del mes más húmedo y temperatura media anual con el 65,5%, 8,1% y 6% respectivamente (Anexo 4).

La prueba jackknife mostró que la elevación es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma (Figura 19).

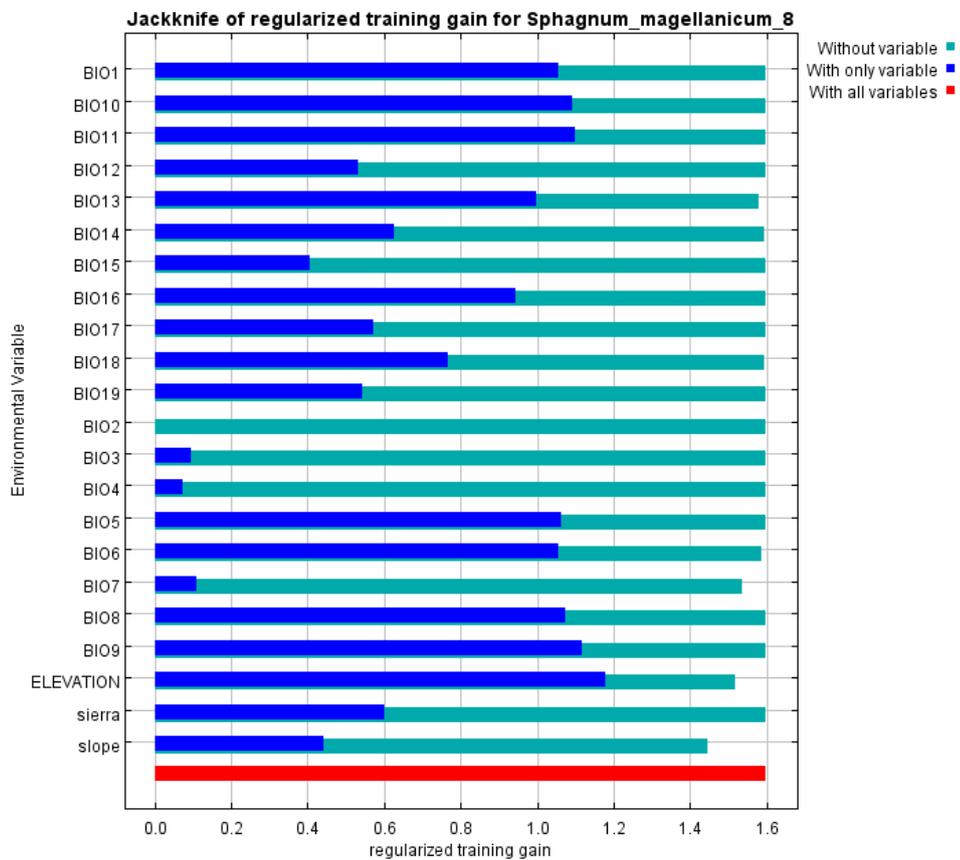


Figura 19. Análisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada) en el modelo de distribución potencial de *Sphagnum magellanicum* Brid.

La relación entre los diferentes organismos y las variables ambientales nos ayuda a predecir la distribución de especies (Johnson, 2005), nuestros resultados coinciden con Safavi y Shirzadian (2011) en que, la distribución potencial de los briófitos está influenciada directa o indirectamente por factores geográficos y ambientales como: la topografía, la altitud, suelos degradados, la humedad, la temperatura y la precipitación. Según el análisis realizado, la distribución de las especies está influenciada por la elevación, la temperatura media del trimestre más frío, la temperatura media del trimestre más húmedo y la precipitación del trimestre más frío, coincidiendo con Wohlgemuth (1998); Ah-Peng et al. (2007), quienes afirman que el rango altitudinal es el determinante más importante para la diversidad ambiental y el factor más significativo para explicar la diversidad y distribución de briófitos. De igual forma concordando con Yu et al., (2013), quienes en su estudio sobre la distribución geográfica de *Macromitrium japonicum* Dozy & Molk, en China aseguran que la precipitación y la temperatura son las variables más importantes para su distribución.

Así mismo Du Il (1992); Wolf (1993); Draper (2006) afirman que la humedad y la temperatura son características de las comunidades de briófitos y por lo tanto configuran las condiciones óptimas para su desarrollo. Una posible razón de esto es que, a grandes escalas geográficas, el clima ejerce el control dominante en la distribución de especies (Woodward, 1987). Este es quizás aún más cierto en briófitos cuya condición poiquilohídrica implica que obtienen el agua directamente de las precipitaciones y pueden reanudar la actividad fisiológica sólo en estado húmedo (Rydin, 2009). Por lo tanto, no es raro que los factores macroclimáticos como la precipitación se encuentre como una variable importante para su distribución (Palmas et al., 2013).

Los modelos muestran que en la mayoría de casos, la distribución potencial de briofitos se encuentra fuera de SNAP, por lo que se considera que los briofitos están poco representados, debido a que en todas las especies analizadas en los modelos se encuentran distribuidas potencialmente en menos del 2,7% del territorio ecuatoriano y en los lugares en donde existe una alta probabilidad, menos del 50% se encuentra dentro del SNAP a excepción de *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. y *Rhacocarpus purpurascens* (Brid.) Paris., esto resulta ser preocupante ya que según León-Yáñez et al. (2011), afirman que actualmente en el Ecuador se han registrado 63 especies de briófitos endémicos, 41 no han podido ser evaluadas debido a la falta de información acerca de estos organismos y solo 26 especies se encuentran dentro del SNAP y gran parte se localizan en las Islas Galápagos. Y dado que la mayor parte no está disponible y los estudios son limitados para el país (Nöske et al., 2003; Parolly et al., 2004).

CONCLUSIONES

El estudio de la distribución potencial de briófitos en Ecuador continental ha generado información válida como herramienta para la implementación de medidas de manejo y conservación.

Los modelos de distribución de briófitos mostraron un patrón de distribución limitada a la Cordillera de los Andes.

El índice de Jackknife muestra que la elevación, la temperatura media del trimestre más frío, la precipitación del trimestre más frío y la temperatura media del trimestre más húmedo influyen de manera significativa en la distribución de estos organismos. Siendo así las variables que más aportan en los modelos: la elevación, precipitación del mes más húmedo y la precipitación del mes más seco.

Los valores de AUC de las nueve especies analizadas fluctúan de 0,84 a 0.96, lo que indica que los modelos son altamente confiables.

En las nueve especies de briófitos analizadas en este estudio, su distribución es menor al 2,7% del territorio ecuatoriano.

El 66,7% de las especies analizadas tienen un potencial de distribución del 6,8% al 26% del área dentro de las zonas de alta probabilidad del SNAP; mientras que únicamente el 33,3% de éstas especies tienen un potencial de distribución del 41,2% a 63,2%.

RECOMENDACIONES

Además de registrar los puntos de presencia de las especies, es importante: investigar sobre la ecología, dinámica de poblaciones y rango altitudinal de las especies. Es indispensable que la especie esté bien estudiada debido a que la falta de información y los pocos puntos de presencia de las especies son una limitante importante en la veracidad de los resultados.

Para los modelos de distribución potencial es importante que no existan errores de identificación ni información sesgada (muestreo en lugares de fácil acceso) debido a que estos modelos están limitados a la información disponible.

A la hora de seleccionar las variables es muy importante tener en cuenta la escala espacial.

Para una mayor confiabilidad del modelo se puede hacer un seguimiento de los registros seleccionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ah-Peng, C., Chuah-Petiot, M., Descamps-Julien, B., Bardat, J., Stamenoff, P., & Strasberg, D. (2007). Bryophyte diversity and distribution along an altitudinal gradient on a lava flow in La Réunion. *Diversity and distributions*, 13 (5), 654-662.
- Albarran, I. (2010). *Aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumento para predecir la distribución potencial de algunas especies de aves en las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's)*. Tesis de graduación. Recuperado de http://www-cpsv.upc.es/tesines/resumsig_icalixto.pdf
- Araújo, M., & Williams, P. (2000). Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation*, 96, 331-345.
- Arévalo, A., Naranjo, C. & Benitez, A. (2014). *Diversidad y zonas de distribución potencial de briófitos en Ecuador*. Recuperado de http://investigacion.utpl.edu.ec/sites/default/files/Memorias%20III%20Investiga%20UTPL_2014.pdf#page=101
- Barrera, E. & Osorio, F. (2008). Briófitos: Musgos, Hepáticas Y Antocerotes. *Diversidad de especies*, 340-345. Recuperado de http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articles-45206_recurso_2.pdf
- Benitez, A., & Gradstein, S. R. (2011). Adiciones a la Flora de Briófitas del Ecuador. *Cryptogamie, Bryologie*, 32(1), 65-74.
- Benito De Pando, B., & Peñas De Giles, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus*, 7, 100-119.
- Brambilla, M., Casale, F., Bergero, V., Matteo, C., Falco, R., et al. (2009). GIS-models work well, but are not enough: Habitat preferences of *Lanius collurio* at multiple levels and conservation implications. *Biological Conservation*, 142, 2033-2042.
- Breiman, L., Friedman, F., Olshen, R., & Stone, C. (1984). *Classification and regression trees*. Wadsworth and Brooks, Pacific Grove, CA.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.
- Busby, J. (1986). *Bioclimate prediction system (BIOCLIM)*. User's manual version 2.0. Australian Biological Resources, Study Leaflet, Canberra, Australia.
- Busby, J. (1991). BIOCLIM: A bioclimate analysis and prediction system. En: Margules CR & MP Austin (eds) *Nature conservation: Cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, Melbourne, Australia.

- Calenge, C., Darmon, G., Basille, M., Loison, A. & Jullien, J. (2008). The factorial decomposition of the Mahalanobis distances in habitat selection studies. *Ecology*, 89, 555-566.
- Carpenter, G., Gillison, A., & Winter, J. (1993). DOMAIN: A flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, 2, 667-680.
- Churchill, S. P., & Linares C, E. L. (1995). Prodrómus Bryologiae Novo-Granatensis: Introducción a la flora de musgos de Colombia. *Biblioteca José Jerónimo Triana* 12: 1-924. Santafé de Bogotá.
- Churchill, S., Griffin, D., & Muñoz, J. (2000). *A checklist of the mosses of the tropical Andean countries*. *Ruizia*, 17, 1-203.
- Cuervo-Robayo, A. & Monroy-Vilchis, O. (2012). Distribución potencial del jaguar *Panthera onca* (Carnívora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas para su conservación. *Trop.Biol*, 60 (3) ,1357-1367
- Delgadillo, C & Cárdenas, M. (1990). *Manual de briófitos*, Segunda edición. Cuadernos 8. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 135
- Domínguez, O., Martínez, E., Zambrano, L., & GPP De León. (2006). Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: Livebearing fishes in central Mexico. *Conservation Biology*, 20, 1730-1739.
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Gland, Suiza: UICN. x + 96pp. ISBN: 978-2-8317-1088-4.
- Düll, R. (1991). Indicator values of mosses and liverworts. *Ellenberg H. ao. Indicator values of plants in Central Europe*. Göttingen, Erich Goltze, 175-214.
- Draper, I. (2006). *Estudio biogeográfico de los briófitos epífitos de Marruecos* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid).
- Early, R., Anderson, B., & Thomas, CD. (2008). Using habitat distribution models to evaluate large-scale landscape priorities for spatially dynamic species. *Journal of Applied Ecology*, 45, 228-238.
- ECCB. (1995). *Red Data Book of european Bryophytes*. European Committee for Conservation of Bryophytes. ECCB, Trontheim.
- Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., et al. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Elith, J., Leathwick, J. & Hastie, T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 77, 802-813.

- Equihua, Z. (2002). [Abstract] *Distribución espacial de Bryopteris filicina en la Selva Lacandona*, Chiapas, p. 69. In Rangel-Ch., J. O., J. Aguirre-C. & M. G. Andrade-C. (eds.), Libro de Resúmenes VIII Congreso Latinoamericano de Botánica/II Congreso Colombiano de Botánica. Universidad Nacional de Colombia, División Bibliotecas, Bogotá, Colombia.
- Estébanez, B., Draper, I., Díaz de Atauri., & Medina, R. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2ª Época, 19-73.
- Fernández, M. & Collado, M. (2003). *Briófitos de la Reserva Natural Integral de Muniellos*. Recuperado de <http://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/Libro%20Briófitos.pdf>
- Ferrier, S. (2002). Mapping spatia pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?, *Systematic Biology*, 51(2), 331-363.
- Friedman, J., (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 29, 1189-1232.
- García, P., Ros, R., & Guerra, J. (1999). Briófitos como bioindicadores de calidad botánica en zonas áridas del sudeste español: sierras de filabres, cabrera, alhamilla y cabo de gata (Almería, España). *Acta botánica Malacitana*, 24, 113-131.
- Godown, M., & Peterson, A. (2000). Preliminary distributional analysis of US endangered bird species. *Biodiversity and Conservation*, 9, 1313-1322.
- Gradstein, S.R. (1992) *The Vanishing Tropical Rain Forest as an Environment for Bryophytes and Lichens*. In: Bates, J.W. and Farmer, A.M., Eds., *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*, Clarendon Press, Oxford, 232-256.
- Gradstein, SR., Churchill S., & Salazar A. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. *Men. New York Bot. Garden*, 86, 1-577.
- Gradstein, S.R & Pinheiro da Costa, D. (2003). The hepaticae and Anthocerotae of Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 87, 1-318.
- Graham, C.H., Moritz, C., & Williams, S.E. (2006). Habitat history improves prediction of biodiversity in a rainforest fauna, *Proceedings of the Natural Academy of Science of USA*, 103 (3), 632-636.
- Guisan A, Weiss. S., & Weiss, A. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*, 143, 107-122.
- Guisan, A., Broennimann, O., Engler, R., Vust, M., Yoccoz, N.G., Lehmann, A., & ZimmermN.E. (2006). Using niche-based models to improve the sampling of rare species, *Conservation Biology*, 20(2), 501-511.

- Guisan, A., Graham, C. H., Elith, J., & Huetmann, F. (2007). Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13(3), 332-340.
- Hannah, L., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M., Hughes, G., et al. (2007). Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and Environment*, 5, 131-138.
- Hanley, J. A., & McNeil, B. J. (1982): "The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve", *Radiology*, 143, pp. 29-36.
- Hastie, T., & Tibshirani, R. (1996). *Mixture discriminant analysis*. S (plus) routine, Statistics Department, Stanford University (en línea) URL: <http://lib.stat.cmu.edu/S/> (accedido Noviembre 30, 2010).
- Hernández, P., Franke, I., Herzog, S., Pacheco, V., Paniagua, L., Quintana, H., Soto, A., Swenson, J., Tovar, C., Valqui, T. et al. (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 17, 1353-1366.
- Hinojosa, I., Fera, T., & Engel, M. (2009). Potential distribution of orchid bees outside their native range: The cases of *Eulaema polychroma* (Mocsáry) and *Euglossa viridissima* Friese in the USA (Hymenoptera: Apidae). *Diversity and Distributions*, 15, 421- 428.
- Hirzel, A., & Guisan, A. (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modelling*, 157, 331-341.
- Holcombe T., T. J. Stohlgren y C. Jarnevich. 2007. Invasive species management and research using GIS. En: Witmer, G. W., W. C. Pitt y K. A. Fagerstone (eds.). *Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium*. National Wildlife Research Center, Fort Collins, CO. 108-114 p.p.
- Houlder, D., Hutchinson, M., Nix, H., & McMahon, J. (1999). *ANUCLIM user's guide*. CRES, Canberra, Australia.
- Johnson, CJ, y Gillingham, MP (2005). Una evaluación de los modelos de distribución de especies asignada utiliza para la planificación de la conservación. *Conservación del Medio Ambiente* , 32 (2), 117-128.
- Jones, P., & Gladkov, A., (1999). *FloraMap: A computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the Wild*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Korte, G. (2001). *The GIS Book*. (5th Ed. Rev). Autodesk Press
- Mateo, R., G, Felicísimo, Á., & Muños, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240. Recuperado en 30 de abril de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0716-078X2011000200008.

- Margules, C., & Pressey, R. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243-252.
- Martínez, F., Sillero, N., Lizana, M., & Brito, J. (2008). GIS-based niche models identify environmental correlates sustaining a contact zone between three species of European vipers. *Diversity and Distributions*, 14, 452-461.
- Mccullagh, P., & Nelder, J. (1989). *Generalized linear models*. Chapman & Hall editores, Londres, Inglaterra.
- Morales, N. (2012). Modelos de distribución de especies: SoftwareMaxEnt y sus aplicaciones en Conservación. *Revista Conservación Ambiental*, (1)2,1-5.
- Nöske, N., Gradstein, R., Kürschner, H., Parolly, G., & Torracchi, S. (2003). Cryptogams of the Reserva Biológica San Francisco (Province Zamora-Chinchipec, Southern Ecuador). I. *Bryophytes*. – *Cryptogamie, Bryologie*, 24, 15-32.
- Lawler, J., White, D., Neilson, R. & Blaustein, A. (2006). Predicting climate-induced rangeshifts: model differences and model reliability, *Global Change Biology*, 12, 1568-1584.
- Leathwick. (2008). Presence-only data and the EM algorithm. *Biometrics*, 65, 554-563.
- Lee, T. D., & La Roi, G. H. (1979). Bryophyte and understory vascular plant beta diversity in relation to moisture and elevation gradients. *Vegetatio*, 40(1), 29-38.
- Lehmann, A., Overton, J., & Leathwick, J. (2003). GRASP: Generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling*, 160, 65-183.
- León-Yáñez, S., R. Valencia, N., Pitman, L., Endara, C., Ulloa Ulloa & H. Navarrete (Ed.). (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- León-Yáñez, S., Gradstein, R., & Wegner, C. (2006). *Hepáticas (Marchantiophyta) y Antoceros (Anthocerotophyta) del Ecuador, catálogo*. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- León-Yáñez, S., R. Valencia, N., Pitman, L., Endara, C., Ulloa Ulloa & H. Navarrete (Ed.). (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- León-Yáñez, S., Gradstein, S.R., Castillo, J., Moscoso-Estrella, A & Navarrete, H. (2013). *Guía de Briófitos comunes de los Andes de Quito*. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad del Ecuador, Quito.
- Linares, E., & Uribe, J. (2002). *Libro rojo de briófitas de Colombia. Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica (Versión 1.0)*. Recuperado de ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro_SIG.pdf

- Ortega-Huerta, M., & Peterson, A. (2004). Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions*, 10, 39-54.
- Palmas-Pérez, S., Krömer, T., Dressler, S., & Arévalo-Ramírez, J. A. (2013). Diversidad y distribución de Marcgraviaceae en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(1), 170-183.
- Parolly, G., Kürschner, H., Schäfer-Verwimp, A., & Gradstein, R. (2004). Cryptogams of the Reserva Biológica San Francisco (Province Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador). III. Bryophytes: Additions and new species. *Cryptogamie, Bryologie*, 25, 271-289.
- Parviainen, M., Luoto, M., Rytteri, T., & Heikkinen, R. (2008). Modelling the occurrence of threatened plant species in taiga landscapes: Methodological and ecological perspectives. *Journal of Biogeography*, 35, 1888-1905.
- Parviainen, M., Marmion, M., Luoto, M., Thuiller, W., & Heikkinen, R. (2009). Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation*, 142, 2501-2509.
- Peterson, A. T. (2001). Predicting SPECIES' Geographic Distributions Based on Ecological Niche Modeling. *The Condor*, 103(3), 599-605.
- Pearson, R., Dawson, T., Berry, P., & Harrison, P. (2002). SPECIES: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling*, 154, 289-300.
- Pérez-Portilla, E., & Geissert-Kientz, D. (2004). DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PALMA CAMEDOR (*Chamaedorea elegans* Mart.) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 247-252.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Phillips, S. & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175.
- Pineda, E., & Lobo, J. (2008). Assessing the accuracy of species distribution models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology*, 78, 182-190.
- Pócs, T. (1982). Tropical Forest Bryophytes. En: Smith, A.J.E. (ed.) *Bryophyte Ecology*, pp. 59-104. Chapman & Hall, London.
- Puschendorf, R., Carnava, A., Vanderwal, J., Zumbado, H., Chaves, G., et al. (2009). Distribution models for the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* in Costa Rica: Proposing climatic refuges as a conservation tool. *Diversity and Distributions*, 15, 401-408.

- Raes, N., Roos, M., Slik, J., Loon, E., & Steege, H. (2009). Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography*, 32, 180-192.
- Rico-Alcázar L., J. A. Martínez, S. Morán, J. R. Navarro y D. Rico. 2001. Preferencias de hábitat del Águila azor Perdiguera (*Hieraaetus fasciatus*) en Alicante (E de España) a dos escalas espaciales. *Ardeola*, 48: 55–62.
- Sabucedo, J., Real, J., & García–Mira, R. (2003). Medio ambiente y comportamiento humano. en J. J. Casares (coord.). *Reflexiones sobre el medio ambiente en Galicia*. Galicia: CMA. 15-555.
- Safavi, M., & Shirzadian, S. (2011). Modelling bryophytes distribution pattern using environmental parameters of Iran in Geographical Information Systems (GIS): a case study of three genera *Tortula*, *Grimmia* and *Bryum* (Bryophyta). *ROSTANIHA* .
- Sarmiento, D. (2013). *Evaluación de la contaminación por metales pesados en muestras de musgo recolectadas durante el período febrero – marzo 2011 en la Estación Antártica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Sergio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R., & Sousa, A. (2006). *Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment*, 35, 341-351
- Sérgio, C., Figueira, R., & Menezes, R. (2011). Modeling the Distribution of *Sematophyllum substrumulosum* (Hampe) E. Britton as a Signal of Climatic Changes in Europe. *Bryophyte Ecology and Climate Change*, 427-439.
- Sjögren, E. (2001). *Distribution of Azorean bryophytes up to 1999, their island distribution and information on their presence elsewhere, including Madeira and the Canary Islands*. Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural), Suplemento 7, 1–89.
- Slack, N.Y. (1988). *The ecological importance of lichens and bryophytes*. En: T. Nash y V. Wirth, eds. *Lichens, bryophytes and air quality*, pp. 23-54. J. Cramer, Berlin. 289 pp.
- Stockwell, D., & Peters, D. (1999). The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13, 143-158.
- Thorn, J., Nijman, V., Smith, D., & Nekaris, K. (2009). Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distributions*, 15, 289-298.

- Titeux, N., Maes, D., Marmion, M., Luoto, M., & Heikkinen, R. (2009). Inclusion of soil data improves the performance of bioclimatic envelope models for insect species distributions in temperate Europe. *Journal of Biogeography*, 36, 1459-1473.
- Trotta-Moreu, N., Lobo, J. & Cabrero-Sañudo, F. (2008). Distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) En México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 24(2), 39-65.
- Uribe, J. & Orrego, O. (2001), *Modelos de distribución de abundancias en comunidades de briófitos*. Caldasia, 23, 261-267.
- Vapnik, V. (1995) .*The nature of statistical learning theory*. Springer-Verlag editores, Nueva York, Estados Unidos.
- Vegar, B., Rune, H., & Einar, H. (2009). Disentangling complex fine-scale ecological patterns by path modelling using GLMM and GIS. *Journal of Vegetation Science*, 20, 779-790.
- Venables, W., & Ripley, B. (2002). Modern applied statistics with S-PLUS. *Springer*, Nueva York, USA.
- Villarreal, J. & Salazar, N. (2002). [Abstract] *Estudio preliminar de la morfología y distribución geográfica del género Megaceros en Panamá*. p. 70. In Rangel-Ch., J. O., J. Aguirre-C. & M. G. Andrade-C. (eds.), Libro de Resúmenes VIII Congreso Latinoamericano de Botánica/II Congreso Colombiano de Botánica. Universidad Nacional de Colombia, División Bibliotecas, Bogotá, Colombia. .
- Walker, P., & Cocks, K. (1991). HABITAT: A procedure for modeling a disjoint environmental envelope for a plant or animal species. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 1, 108-118. WARD G, T HASTIE, S BARRY, J ELITH & JR
- Williams, J., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J., Erwin, S., et al. (2009). Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions*, 15, 565-576.
- Wohlgemuth, T., Nobis, M., Kienast, F., & Plattner, M. (2008). Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. *Journal of Biogeography*, 35, 1226-1240.
- Wolf, J. H. (1993). Epiphyte communities of tropical montane rain forests in the northern Andes. I. Lower montane communities. *ECOLOGY OF EPIPHYTES AND EPIPHYTE COMMUNITIES IN MONTANE RAIN FORESTS, COLOMBIA*, 19.
- Wollan, A., Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G., & Halvorsen, R. (2008). Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography*, 35, 2298-2310.
- Worton, B. (1995). A Convex Hull-Based Estimator of Home-Range Size. *Biometrics*, 51, 1206-1215.

- Wohlgemuth, T. H. O. M. A. S. (1998). Modelling floristic species richness on a regional scale: a case study in Switzerland. *Biodiversity & Conservation*, 7(2), 159-177.
- Woodward, F. I. (1987). *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press.
- Rydin, H. (2009). Population and community ecology of bryophytes. In: Goffinet B, Shaw AJ, editors. *Bryophyte Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 393–444.
- Yu, J., Ma, Y., & Guo, S. (2013). *Modeling the geographic distribution of the epiphytic moss Macromitrium japonicum in China*. 50, 35–42.
- Zaniewski, A., Lehmann, A., & Overton, J. (2002). Predicting species spatial distributions using presence-only data: A case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling*, 157, 261-2
- Zhao, J., Li, X., & Tang, W. (2002). A study on the taxonomy and distribution of Encalyptaceae (Musci) in China. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 22,453–466.

ANEXOS

Anexo1. Áreas de distribución potencial dentro de las Provincias de Ecuador continental.

Especies	Provincias	Hectáreas (Aprox.)
<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	SUCUMBÍOS	27386,82341
	TUNGURAHUA	25470,82458
	PICHINCHA	14303,03071
	NAPO	12618,14854
	CARCHI	10645,85573
	ZAMORA CHINCHIPE	10315,35823
	MORONA SANTIAGO	8952,62878
	AZUAY	7191,74665
	IMBABURA	5646,85028
	LOJA	5283,90328
	CHIMBORAZO	3185,69711
	EL ORO	2469,28637
	CAÑAR	1794,71055
	BOLIVAR	1279,67274
	COTOPAXI	1005,04516
	Total	137549,5821
	<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	ZAMORA CHINCHIPE
PICHINCHA		23174,6229
SUCUMBBIOS		23015,64942
GUAYAS		22317,80394
BOLIVAR		20568,75289
NAPO		19908,9078
PASTAZA		18939,05582
LOJA		17452,05108
MORONA SANTIAGO		13518,30443
COTOPAXI		10975,24958
IMBABURA		8308,548
ESMERALDAS		5056,74622
AZUAY		4846,93742
CHIMBORAZO		4723,24982
EL ORO		3708,31508
CARCHI		866,56006
TUNGURAHUA		646,47
MANABI	390,38946	
LOS RIOS	104,97596	
Total	294765,2866	
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	COTOPAXI	14902,62544
	TUNGURAHUA	11182,74734
	LOJA	10006,97007
	PICHINCHA	8742,62825
	BOLIVAR	8236,43656
	CHIMBORAZO	6513,8791
	CARCHI	5098,35867

Especies	Provincias	Hectáreas (Aprox.)
<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	IMBABURA	4913,24881
	CAÑAR	3699,3898
	AZUAY	2465,61199
	SUCUMBÍOS	1265,22614
	MORONA SANTIAGO	711,24474
	EL ORO	407,18442
	ESMERALDAS	138,02901
	LOS RIOS	115,41512
	ZAMORA CHINCHIPE	18,34308
	Total	78417,33854
	LOJA	75087,64567
	ZAMORA CHINCHIPE	70805,19314
	AZUAY	6809,38663
	SUCUMBÍOS	5189,3258
	CARCHI	2233,76819
	CHIMBORAZO	1838,17341
	NAPO	1603,21756
	CAÑAR	521,89985
	MORONA SANTIAGO	339,33642
	PICHINCHA	292,81067
Total	164720,7573	
<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	AZUAY	69798,28274
	NAPO	44391,86476
	ZAMORA CHINCHIPE	39121,21961
	SUCUMBÍOS	21056,06679
	MORONA SANTIAGO	18549,50077
	ORELLANA	13607,07166
	LOJA	8835,0024
	PASTAZA	6221,66434
	CAÑAR	4418,11274
	CARCHI	2712,83568
	PICHINCHA	1707,73635
	TUNGURAHUA	468,26594
	IMBABURA	228,0615
MANABI	116,93972	
Total	231232,625	
<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	PICHINCHA	119204,2123
	IMBABURA	21010,37371
	COTOPAXI	11343,0225
	CHIMBORAZO	9894,33532
	SUCUMBÍOS	2227,85999
	CARCHI	1257,98418
	LOJA	1011,94456
NAPO	815,99709	

Especies	Provincias	Hectáreas (Aprox.)	
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	MORONA SANTIAGO	117,09279	
	ZAMORA CHINCHIPE	105,36146	
	Total	166988,1839	
	PICHINCHA	39388,84879	
	NAPO	39252,21388	
	SUCUMBÍOS	4088,53039	
	IMBABURA	3690,65052	
	TUNGURAHUA	3498,61482	
	CHIMBORAZO	1851,10647	
	AZUAY	696,79428	
	CARCHI	201,72436	
	CAÑAR	65,79766	
	COTOPAXI	58,4705	
	Total	92792,75167	
	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	NAPO	63339,10437
AZUAY		51082,80162	
TUNGURAHUA		39219,94573	
LOJA		10611,57198	
ORELLANA		10346,57677	
CHIMBORAZO		10290,52329	
MORONA SANTIAGO		9761,92495	
ZAMORA CHINCHIPE		6211,87387	
CAÑAR		4260,24703	
PICHINCHA		844,52037	
PASTAZA		166,84499	
COTOPAXI		58,59209	
Total		206194,5271	
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.		AZUAY	20735,43319
		LOJA	18369,27625
	CAÑAR	17549,73325	
	SUCUMBÍOS	17086,431	
	CARCHI	13704,40002	
	PICHINCHA	10985,66036	
	ZAMORA CHINCHIPE	7615,59621	
	NAPO	5098,26873	
	IMBABURA	3820,9379	
	TUNGURAHUA	3428,78705	
MORONA SANTIAGO	1869,38298		
COTOPAXI	791,83762		
CHIMBORAZO	771,68333		
Total	121827,4279		

Anexo 2. Áreas de distribución potencial dentro del SNAP de Ecuador continental.

Especies	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	Hectáreas (Aprox.)	
<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	Reserva Ecológica Cayambe Coca	20702,3765	
	Parque Nacional Podocarpus	6302,1841	
	Parque Nacional Sangay	3592,01406	
	Reserva Ecológica Antisana	2476,47335	
	Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	748,80791	
	Parque Nacional LLanganates	674,22186	
	Reserva Ecológica Los Ilinizas	641,99184	
	Parque Nacional Yacuri	592,30044	
	Reserva Geobotánica Pululahua	116,41589	
	Parque Nacional Cajas	112,73225	
	Total	35959,5182	
<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	Parque Nacional LLanganates	16812,5265	
	Reserva Ecológica Cayambe Coca	10870,7688	
	Parque Nacional Podocarpus	9298,06565	
	Reserva Ecológica Manglares Churute	7868,36362	
	Reserva Ecológica Los Ilinizas	3670,73935	
	Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	2150,27168	
	Reserva Ecológica Cofán Bermejo	848,98541	
	Ecosistema de Manglar del Esturio del Río Muisne	399,58535	
	Reserva Ecológica Mache Chindul	167,73019	
	Total	52087,0365	
	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Reserva Ecológica Los Ilinizas	10899,0195
Parque Nacional Sangay		2206,02465	
Parque Nacional LLanganates		1773,98664	
Reserva Ecológica Cayambe Coca		525,78021	
Reserva Geobotánica Pululahua		354,73254	
Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas		223,58041	
Total		15983,1239	
Parque Nacional Podocarpus		61260,7756	
Reserva Ecológica Cayambe Coca		5608,84204	
Parque Nacional Yacuri		659,14428	
<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi		Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras	117,33211
	Parque Nacional Sangay	117,08914	
	Reserva Ecológica El Angel	65,90112	
	Reserva Ecológica Antisana	21,25727	
	Total	67850,3416	
	Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras	32540,231	
	Reserva Ecológica Cayambe Coca	15353,3841	
	Reserva Ecológica Antisana	5434,43197	
	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	Parque Nacional LLanganates	4463,19584
		Parque Nacional Sangay	198,52507
		Parque Nacional Cajas	174,23684
Parque Nacional Machalilla		64,85989	

Especies	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	Hectáreas (Aprox.)	
	Total	58228,8648	
	Reserva Ecológica Los Ilinizas	5005,48675	
	Reserva Ecológica Cayambe Coca	2977,94555	
	Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	2211,31116	
	Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	618,67592	
<i>Plagiochila</i> Taylor	<i>pachyloma</i>	Area Nacional de Recreación El Boliche	307,98632
		Parque Nacional Cotopaxi	171,89562
		Parque Nacional Sangay	133,30275
		Parque Nacional Yacuri	32,11667
		Reserva Geobotánica Pululahua	15,18503
		Total	11473,9058
		Reserva Ecológica Cayambe Coca	35350,9435
		Reserva Ecológica Antisana	18928,3527
		Parque Nacional Sangay	2720,4652
<i>Pleurozium</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	<i>schreberi</i>	Parque Nacional LLanganates	1346,00547
		Parque Nacional Cotopaxi	181,4043
		Parque Nacional Cajas	132,00014
		Total	58659,1713
		Reserva Ecológica Cayambe Coca	31209,1611
		Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras	29599,5418
		Parque Nacional LLanganates	27187,8519
		Reserva Ecológica Antisana	13453,152
		Parque Nacional Sangay	13413,7338
<i>Rhacocarpus</i> <i>purpurascens</i> (Brid.) Paris		Parque Nacional Cajas	1239,39831
		Parque Nacional Podocarpus	65,94896
		Parque Nacional Cotopaxi	56,85289
		Total	116225,641
		Reserva Ecológica Cayambe Coca	14492,2576
		Reserva Ecológica El Angel	5282,15363
		Parque Nacional Sangay	3973,89459
		Parque Nacional Cajas	1359,70518
		Reserva Ecológica Antisana	735,75435
<i>Sphagnum</i> Brid.	<i>magellanicum</i>	Parque Nacional Podocarpus	395,77843
		Parque Nacional Cotopaxi	240,24836
		Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	200,53594
		Parque Nacional LLanganates	35,20113
		Total	26715,5292

Anexo 3. Porcentaje de la distribución potencial de briófitos dentro del SNAP.

Especies	Porcentaje dentro del SNAP
<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	26,14294981
<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	17,67068202
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	20,38213007
<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	41,19113019
<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	25,18194168
<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	6,871088422
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	63,21525145
<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	56,36698623
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	21,92899387

Anexo 4. Porcentaje de contribución de las variables en el modelo de distribución potencial de briófitos.

Variables	Contribución (%)									
	<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	<i>Bryopteris filicina</i> (SwBryum argenteum Hedw..) Nees	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	
Elevación	82	17,3	52,8	54,9	58	44,9	37,9	66,6	65,5	
Temperatura estacional (desviación estándar *100)	0,1	0,5	2,1	2,5	7,6	0	5,6	2,1	1,2	
Isotermalidad (Bio 2/Bio7) (*100)	0,2	5,1	4,5	0	0	29,9	0,3	0	0,1	
Temperatura media del trimestre más frío	0,2	0	0,1	0,1	0,2	0	34,3	0	0	
Precipitación del trimestre más húmedo	0,6	0	0	2,1	0,4	0,6	0,4	2,2	0,8	
Pendiente	0,6	32,8	2,2	2,6	4,7	0	1,4	2,6	8,1	
Temperatura mínima del mes más frío	0,7	0	0	7	0	1,1	5,7	1,6	5,5	
Precipitación del trimestre más frío	0,8	3,3	13,8	5,7	3,1	0	0	3	0,1	
Precipitación del trimestre más seco	0,9	9,7	5,7	0	1	0	0,2	0	0	
Precipitación estacional (coeficiente de variación)	1,5	0	0	0,4	0,3	0	6	3,9	0	
Temperatura media del trimestre más húmedo	1,9	0	1,2	0	0	0	0	0	0	
Sierra	4,4	2,1	1,3	5,5	0	5,3	1,3	0,1	0,1	
Precipitación del mes más húmedo	6,3	6,5	2,6	4,4	8,3	0	0	0	6	
Temperatura media anual	0	0,2	2,4	3	0	0	0	5,8	0	
Rango de temperatura media mensual	0	0,3	3	1,9	0	11,1	0,1	0	0	
Temperatura máxima del mes más cálido	0	1,3	0,9	0	2,8	0	0	0	0	
Rango anual de temperatura (Bio5-Bio6)	0	2,5	0,2	0	2,5	0	1,1	0,9	3,4	
Temperatura media del trimestre más seco	0	2,6	0,3	0	1,4	0	2	2	0	
Temperatura media del trimestre más cálido	0	0	0	0	0	0,9	2,9	1,5	5,4	
Precipitación anual	0	10,3	0	0,1	0	0	0,1	0,2	0,7	
Precipitación del mes más seco	0	5,5	1,6	9,4	8,1	6,3	0,1	6	2,5	
Precipitación del trimestre más cálido	0	0	5	0,3	1,8	0	0,7	1,5	0,5	

Anexo 5. Evaluación de los Modelos con sus valores de AUC.

Número de réplicas	Especies									
	<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	<i>Acidodontium ramicola</i> (Spruce ex Mitt.) A. Jaeger
0	0.902	0.868	0.936	0.957	0.929	0.907	0.975	0.936	0.909	0.752
1	0.876	0.873	0.919	0.920	0.897	0.929	0.964	0.932	0.908	0.866
2	0.889	0.852	0.912	0.936	0.932	0.876	0.969	0.923	0.921	0.879
3	0.919	0.855	0.921	0.911	0.912	0.900	0.974	0.938	0.911	0.733
4	0.904	0.886	0.938	0.862	0.941	0.911	0.959	0.934	0.913	0.752
5	0.912	0.863	0.937	0.904	0.935	0.894	0.958	0.924	0.936	0.726
6	0.885	0.895	0.915	0.960	0.899	0.932	0.97	0.936	0.909	0.866
7	0.892	0.871	0.922	0.907	0.901	0.914	0.967	0.942	0.912	0.913
8	0.894	0.879	0.932	0.861	0.915	0.891	0.963	0.932	0.918	0.996
9	0.925	0.853	0.922	0.914	0.907	0.933	0.973	0.942	0.946	0.752
Media Aritmética	0.89575	0.864	0.9246	0.9106	0.9168	0.9083	0.96675	0.9327	0.9208	0.8407
Desviación Estándar	0.0065	0.0069	0.0069	0.0177	0.0127	0.016	0.0045	0.0048	0.0091	0.076

Anexo 6. Puntos de presencia de briófitos de Ecuador continental.

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger	-78.75	-0.2833333
	-78.6333333	-0.3166667
	-90.75	-0.5333333
	-77.8333333	0.6833333
	-77.8	0.7
	-79.0333333	-0.95
	-78.9666667	-0.95
	-79.0333333	-0.95
	-78.9333333	-0.9666667
	-78.9666667	-0.9666667
	-78.9666667	-0.9833333
	-78.3	-1.2333333
	-78.3666667	-1.3833333
	-79.6833333	-1.4166667
	-78.4166667	-1.4166667
	-81.8333333	-2.1666667
	-78.9833333	-2.2833333
	-78.6	-3.0333333
	-79.1833333	-3.5166667
	-79.0833333	-3.9833333
-79.1666667	-4.6166667	
<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	-78.75	0
	-79.9166667	-0.0333333
	-78.8027778	-0.2313889
	-79.7333333	0.35
	-78.4666667	-0.3666667
	-79.3333333	-0.5
	-90.35	-0.5333333
	-78.1	0.9
	-77.6	-1.0666667
	-90.4333333	-1.2666667
	-77.9136111	-1.7444444
	-79.2833333	-1.7833333
	-79.6666667	-2.45
	-78.25	-3.2166667
	-78.25	-3.25
	-78.5666667	-3.4833333
	-78.4630556	-3.6133333
	-78.5666667	-3.6166667
	-78.9333333	-3.6166667
	-78.4816667	-3.6219444
-790,775	-3.9713889	

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.6602778	-4.25
	-79.6483333	-2.81
	-79.6244444	-3.5861111
	-79.9847222	-4.0780556
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	-78.4833333	0.0166667
	-78.8	-0.0333333
	-79.15	-0.25
	-78.4333333	0.2666667
	-78.2463889	-0.2983333
	-78.6333333	-0.3333333
	-78.1166667	-0.3333333
	-78.2166667	-0.3833333
	-78.2	-0.4666667
	-78.3666667	-0.5666667
	-78.5166667	-0.5666667
	-78.4333333	-0.6166667
	-78.5666667	-0.6166667
	-77.6	0.6333333
	-77.9	0.6833333
	-77.8	0.7
	-77.7333333	0.7333333
	-78.35	-0.7833333
	-78.2333333	-0.8166667
	-78.0666667	0.85
	-89.45	-0.8666667
	-78.0666667	0.8833333
	-79.05	-0.9333333
	-79.0333333	-0.95
	-78.9833333	-0.9666667
	-78.9333333	-0.9666667
	-78.3	-1.15
	-78.3666667	-1.3833333
	-78.75	-1.5
	-78.5	-1.6666667
	-78.5	-2.1666667
	-78.8666667	-2.55
	-78.6666667	-2.6
	-78.7666667	-2.6666667
-78.8	-2.75	
-79.2166667	-2.7666667	
-79.1666667	-2.8333333	
-78.9666667	-2.8833333	
-79.1333333	-3.3	

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.4838889	-3.3141667
	-79.27	-3.9469444
	-79.3722222	-4.0363889
<i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi	-78.1536111	-0.3797222
	-77.7166667	-0.5666667
	-77.5666667	-0.5666667
	-77.65	-0.5833333
	-77.6333333	0.65
	-78.9	0.6833333
	-77.95	0.7833333
	-78.25	-3.2166667
	-78.4355556	-3.5788889
	-79.15	-3.9666667
	-79.0833333	-3.9833333
	-79.15	-4
	-78.7666667	-4.1166667
	-79.1494444	-4.4811111
<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	-78.15	-0.2666667
	-77.5666667	-0.5666667
	-77.7166667	-0.5666667
	-77.5	0.5833333
	-77.65	0.5833333
	-77.65	-0.5833333
	-77.5	0.6166667
	-78.2333333	-0.8166667
	-78.3	-1.2166667
	-78.3	-1.2333333
	-78.4333333	-1.8
	-78.8166667	-3.15
	-79.1333333	-3.9833333
<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor	-78.6333333	-0.05
	-78.2666667	0.19
	-78.2666667	0.2166667
	-78.4666667	-0.25
	-77.9166667	-0.6166667
	-77.9333333	0.6666667
	-78.05	0.7666667
	-79.1666667	-4.1166667
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	-78	0.0833333
	-77.9833333	0.1
	-77.9833333	0.1166667
	-78.15	-0.2666667
	-78.15	-0.2833333
	-78.1166667	-0.3166667

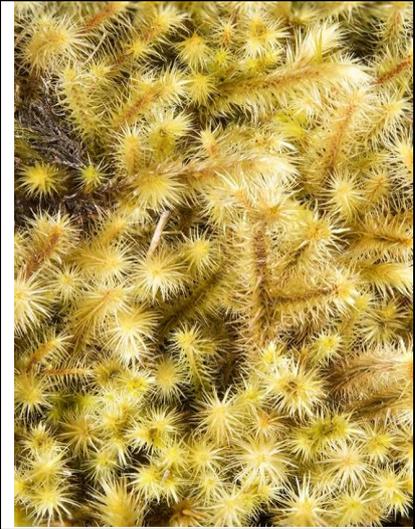
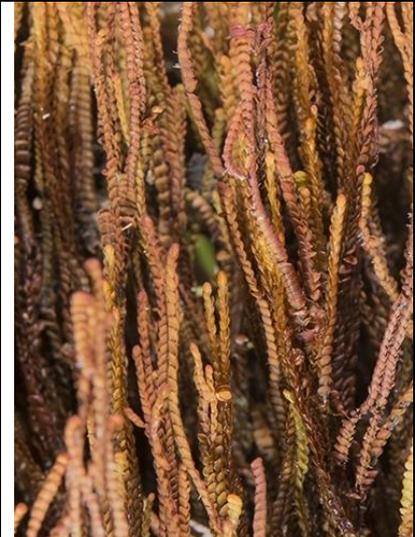
Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.1166667	-0.3333333
	-78.2166667	-0.3333333
	-78.25	-0.3333333
	-78.0833333	0.3666667
	-78.2166667	-0.3833333
	-78.1666667	-0.4166667
	-77.65	-0.6
	-77.9333333	0.6166667
	-77.9	0.6833333
	-78.25	-0.7
	-77.9	0.7166667
	-78.35	-0.7833333
	-77.9833333	0.8
	-77.95	0.8166667
	-78.2333333	-0.8166667
	-78.2666667	-0.8666667
	-78.3	-1.15
	-78.35	-1.15
	-78.3333333	-1.1833333
	-78.3166667	-1.2
	-78.3	-1.2166667
	-78.2833333	-1.2166667
	-78.3	-1.2333333
	-78.2	-1.3166667
	-78.8333333	-1.6666667
	-78.8333333	-1.6666667
	-78.4666667	-1.8833333
	-79.2333333	-2.8
	-79.1666667	-2.8333333
	-78.7666667	-2.8833333
	-79.2833333	-2.9
	-78.6666667	-2.95
	-79	-3.1
	-78.7833333	-3.1833333
	-79.3666667	-4.6166667
<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	-79.15	-4.05
	-78.7666667	-2.8833333
	-78.7	-2.9333333
	-79.25	-2.9666667
	-79.0166667	-3.15
	-78.7	-2.91
	-79.25	-2.9666667
	-78.9538889	-3.2283333

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.6666667	-2.95
	-77.95	-0.78333333
	-77.9	-0.71666667
	-78.8333333	-1.66666667
	-78.4333333	-1.8
	-78.4166667	-1.78333333
	-78.7	-0.66666667
	-79.1333333	-4.38333333
	-79.1666667	-4.61666667
	-79.15	-4
	-79.15	-3.98333333
	-79.15	-4.11666667
	-79.2166667	-3.66666667
	-78.6	-3.05
	-78.7833333	-3.18333333
	-78.7833333	-3.2
	-77.65	-0.58333333
	-77.5666667	-0.56666667
	-77.7166667	-0.56666667
	-77.65	-0.58333333
	-78.6333333	-0.58333333
	-78.2833333	-1.21666667
	-77.65	-0.58333333
	-77.9833333	-0.58333333
	-78.2833333	-1.31666667
	-77.5	-0.58333333
	-78.3	-1.15
	-77.65	-0.58333333
	-77.7166667	-0.56666667
	-78.65	-0.35
	-78.35	-1.15
	-78.3	-1.23333333
	-79.15	-3.98333333
	-79.15	-4
	-79.1488889	-4.47361111
	-78.7666667	-4.11666667
	-79.0754812	-3.58779426
	-79.2399634	-3.68264107
	-79.2224225	-2.78241756
	-79.18278	-3.98167451
	-79.1349851	-3.98311357
	-79.4294752	-4.71214913
	-77.9833333	0.11666667

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.65	-0.35
	-77.5666667	-0.5666667
	-77.7166667	-0.5666667
	-77.5	0.5833333
	-77.65	-0.5833333
	-78.6333333	-0.5833333
	-77.9	0.7166667
	-77.7166667	-0.7166667
	-77.95	0.7833333
	-78.3	-1.15
	-78.35	-1.15
	-78.2833333	-1.2166667
	-78.3	-1.2333333
	-78.2833333	-1.3166667
	-78.8333333	-1.6666667
	-78.4166667	-1.7833333
	-78.4333333	-1.8
	-78.7666667	-2.8833333
	-78.7	-2.91
	-78.6666667	-2.95
	-79.25	-2.9666667
	-78.6	-3.05
	-79.0166667	-3.15
	-78.7833333	-3.1833333
	-78.7833333	-3.2
	-78.9538889	-3.2283333
	-79.2166667	-3.6666667
	-79.15	-3.9833333
	-79.15	-4
	-79.15	-4.05
	-79.15	-4.1166667
	-78.7666667	-4.1166667
	-79.1333333	-4.3833333
	-79.1488889	-4.4736111
	-79.1666667	-4.6166667
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	-77.9833333	0.05
	-77.9666667	0.1166667
	-77.9833333	0.1166667
	-77.7166667	-0.5666667
	-77.65	-0.5833333
	-77.5	0.6166667
	-77.9	0.7166667
	-77.8333333	0.75

Especies	Coordenadas X	Coordenadas Y
	-78.3	-1.15
	-78.3166667	-1.2
	-78.3	-1.2333333
	-78.4333333	-1.8
	-78.5	-2.1666667
	-78.7666667	-2.8833333
	-78.9833333	-2.9166667
	-78.7	-2.9333333
	-78.8166667	-3.15
	-79.1833333	-3.5666667
	-78.435	-3.5786111
	-78.435	-3.5816667
	-78.4383333	-3,585
	-79.2166667	-3.6666667
	-79.1666667	-4.0833333

Anexo 7. Briófitos de Ecuador continental.

		
<p><i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger</p>	<p><i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees</p>	<p><i>Bryum argenteum</i> Hedw.</p>
		
<p><i>Jamesoniella rubricaulis</i> Raddi</p>	<p><i>Lepicolea pruinososa</i> (Taylor) Spruce</p>	<p><i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor</p>
		
<p><i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.</p>	<p><i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris</p>	<p><i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.</p>

