

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Evaluación del posible impacto del Cambio Climático en el área de distribución de  
especies de mamíferos del Ecuador.**

**Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Biológicas**

**Paula M. Iturralde-Pólit**

**QUITO, 2010**

*A todos quienes me apoyaron  
para que esta investigación  
se realice con éxito*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Santiago F. Burneo por su constante e incansable ayuda, por extenderme sus conocimientos sobre Sistemas de Información Geográfica, por su amistad, confianza, paciencia y por su invaluable guía durante el desarrollo de ésta investigación.

A Diego Tirira por poner a disposición la base de datos *Red Noctilio* para ser georreferenciada y utilizada como insumo para la realización de ésta investigación.

A Olivier Dangles y Santiago Ron por sus valiosos comentarios e ideas para corregir y mejorar este trabajo. A Pablo Menéndez por sus comentarios, recomendaciones y consejos sobre Sistemas de Información Geográfica.

A mis papás, a mi hermano y la Melu por estar siempre pendientes, por su cariño, apoyo y confianza. A mis primos y tíos por su interés y preocupación, en especial a Gabriel Iturralde por su ayuda y comentarios para la edición de texto.

A toda la gente del QCAZ mastozoología por su amistad y ayuda. A mis amigos y compañeros de clase y de almuerzos en la universidad y a todos con quienes compartí en las salidas al campo por haber hecho de la carrera de biología mi mejor experiencia.

A mis amigas del fútbol con quienes he compartido grandes experiencias y por estar siempre presentes.

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	iv
TABLA DE CONTENIDOS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	x
1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT .....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1 Diversidad Biológica de Mamíferos en el Ecuador.....	4
3.2 Área de distribución .....	5
3.3 Cambio Climático .....	7
3.3.1 Escenarios y Modelos Climáticos .....	9
3.4 Modelamiento de Distribución de Especies .....	10
3.4.1 Modelamiento de Máxima Entropía (MaxEnt) .....	12
3.5 Conservación en el Ecuador.....	12
3.6 Justificación y Objetivos .....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
4.1 Registros de ocurrencia de especies .....	16
4.1.1 Fuentes de información .....	16
4.1.2 Georreferenciación.....	17
4.2 Selección de especies .....	18
4.3 Variables ambientales .....	20
4.4 Modelamiento de Distribución de Especies .....	22
4.4.1 Evaluación de Modelos.....	23
4.5 Umbral de clasificación.....	26
4.6 Cambio Climático .....	27
4.6.1 Efecto del Cambio Climático en la distribución potencial de especies.....	28

4.6.2	Análisis de patrones de riqueza de especies.....	28
4.7	Análisis de variables bioclimáticas .....	31
4.8	Análisis de riesgo de extinción .....	32
4.9	Análisis de áreas prioritarias.....	33
4.9.1	cambio de la riqueza de especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas .....	33
4.9.2	Áreas prioritarias para conservar como consecuencia del Cambio Climático .....	33
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
5.1	Selección de Especies .....	35
5.2	Modelamiento de Distribución de Especies .....	39
5.3	Cambio Climático .....	40
5.3.1	Efecto del Cambio Climático en la distribución potencial de especies.....	40
5.3.2	Análisis de patrones de riqueza de especies.....	43
5.4	Análisis de variables bioclimáticas .....	48
5.5	Análisis de riesgo de extinción .....	50
5.6	Análisis Áreas Prioritarias .....	52
5.6.1	Tasa de cambio de especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas .....	52
5.6.2	Áreas Prioritarias para conservar como consecuencia del Cambio Climático .....	54
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
7.	LITERATURA CITADA.....	59
8.	FIGURAS.....	75
9.	TABLAS.....	95
10.	ANEXOS.....	112

## LISTA DE FIGURAS

1	Mapa del área de estudio y puntos de ocurrencia.....	76
2	Proporción de especies por cada orden en la selección preliminar y definitiva de especies.	77
3	Mapa de distribución de <i>Akodon latebricola</i> .....	78
4	Mapa de distribución de <i>Phyllostomus discolor</i> .....	79
5	Mapas de distribución de <i>Lagothrix poeppigii</i> y <i>Ateles belzebuth</i> utilizando el río Napo como límite provincial.....	80
6	Mapa de riqueza actual de mamíferos del Ecuador.....	81
7	Mapa de riqueza de mamíferos del Ecuador hacia el 2080.....	82
8	Mapa de zonas de mayor riqueza en la actualidad y en el 2080.....	83
9	División de pisos zoogeográficos.....	84
10	Diversidad de especies en los pisos zoogeográficos <i>Tropical oriental</i> y <i>Subtropical oriental</i> .....	85
11	Diversidad de especies en los pisos zoogeográficos <i>Subtropical occidental</i> y <i>Templado occidental</i> .....	86
12	Mapa de regiones biogeográficas del Ecuador .....	87
13	Mapa de diversidad de especies en las tres regiones biogeográficas con mayor diversidad absoluta: <i>Bosque Tropical Amazónico</i> , <i>Bosque Piemontano Oriental</i> y <i>Bosque Montano Oriental</i> .....	88
14	Mapa de diversidad de especies en las regiones biogeográficas con mayor diversidad relativa: <i>Bosque piemontano occidental</i> , <i>Bosque piemontano oriental</i> , <i>Matorral andino</i> y <i>Matorral seco</i> .....	89

15	Mapa de cambio de riqueza de especies (en valores absolutos) como consecuencia del cambio climático.....	90
16	Cambio de riqueza de especies en el PN Yasuní y en la RPF Cuyabneo.....	91
17	Cambio de riqueza de las áreas protegidas que en términos absolutos ganan especies .....	92
18	Propuesta de áreas prioritarias para conservar y propuesta de un corredor biológico.....	93
19	Zonas intervenidas eliminadas para la propuesta de áreas prioritarias y el corredor biológico.....	94

## LISTA DE TABLAS

1	Valores de AUC de las especies de las cuales se obtuvo modelos de baja precisión.....	96
2	Lista de especies con modelos válidos que fueron insumo para el análisis de cambio climático .....	97
3	Sumatoria del área perdida para cada orden y el promedio de la pérdida.....	102
4	Lista de especies que aumentarán el área de distribución en el 2080.....	103
5	Lista de especies que reducen su rango de distribución en el 2080.....	104
6	Diversidad de especies en los pisos altitudinales para la actualidad y el 2080.....	108
7	Diversidad de especies en las regiones biogeográficas del Ecuador para la actualidad y el 2080 .....	109
8	Porcentaje y número de especies agrupadas en las categorías de estado de conservación de la UICN para la actualidad y para el 2080.....	110
9	Número de especies presentes en cada área protegida del SNAP tanto para la actualidad como para el 2080 y el porcentaje de pérdida de especies por área.....	111

## LISTA DE ANEXOS

1	Variables bioclimáticas.....	113
2	Mapas de cambio en los valores de temperatura media anual como consecuencia del cambio climático	114
3	Mapas de cambio en los valores de precipitación anual como consecuencia del cambio climático.	115
4	Lista de la selección preliminar de especies elegidas para realizar la investigación.....	116
5	Mapa de la Vegetación intervenida del Ecuador	121
6	Probable estado de conservación de cada especie en el 2080 como resultado del cambio del área de distribución debido al Cambio Climático.....	122

## 1. RESUMEN

El cambio climático ha sido objeto de estudio en la última década por el incremento acelerado de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Se predice que la temperatura se elevará hasta 5,8°C en el siglo XXI. Como resultado, los rangos de distribución de las especies tenderán a cambiar; en consecuencia, la biodiversidad y los ecosistemas donde éstas ocurren pueden verse alterados.

Utilizando Sistemas de Información Geográfica y el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), se predijeron las distribuciones potenciales de 157 especies de mamíferos que ocurren en el Ecuador mediante correlaciones entre registros de presencia tomados de colecciones de historia natural y variables bioclimáticas de WorldClim. La precisión de los modelos fue evaluada mediante el estadístico de valor del Área Bajo la Curva (AUC) de las curvas ROC (*Receiver operating Characteristics*). Los modelos satisfactorios fueron proyectados a escenarios de clima futuro para evaluar el efecto del cambio climático y comparar la diversidad del Ecuador actual y del 2080.

Las proyecciones indican que, el 93% de las especies reducirían su área de distribución y en promedio se perdería el 51% del área apropiada para la supervivencia de las especies, asumiendo que éstas no tienen límites de dispersión. Se predice que casi la tercera parte de las especies se encontrarían en el 2080 en Peligro Crítico de extinción, un aumento con respecto al 0,6% actual. Como consecuencia de la reducción en el área de distribución, la mayor diversidad se concentrará en las estribaciones de la Cordillera de los Andes. Las especies buscarán establecerse a mayor altitud. Calculando el cambio en el número de especies, se proponen cuatro posibles áreas prioritarias de conservación en el futuro ya que serán zonas

donde se concentraría la mayor diversidad. Se propone también la creación de un corredor biológico en las estribaciones occidentales que conecte áreas actualmente protegidas.

**Palabras clave:** Área de distribución, Áreas prioritarias de conservación, Cambio Climático, Mamíferos, MaxEnt, registros de ocurrencia, Sistemas de Información Geográfica, Variables bioclimáticas.

## 2. ABSTRACT

Climate change has been studied in the last decade due to the accelerated increase in carbon dioxide levels in the atmosphere. Temperature is predicted to rise up to 5.8°C in the 21st century. As a result, species distribution ranges will change, therefore, biodiversity and ecosystems where these species occur will be altered.

Using Geographic Information Systems and the Maximum Entropy algorithm, predictions of the potential distribution of 157 species of mammals occurring in Ecuador were done through correlations between occurrence records taken from natural history collections and the WorldClim bioclimatic variables. The general performance of the models was evaluated with the Area Under the Curve (AUC) value of Receiver Operating Characteristics (ROC) plots. Satisfactory models were projected into future climate scenarios to evaluate the effect of climate change and compare the diversity in Ecuador in the present and in 2080.

The projections show that, 93% of species will reduce their distribution range and 51% of suitable habitat for species survival will be lost, assuming that these do not have dispersal limits. It is predicted that one third of the species will be critically endangered by 2080 up from 0,6% currently. As a consequence of the reduction in the distribution area, most diversity will concentrate in the foothills of the Andes while species will settle at higher altitudes. Four possible priority areas for conservation were suggested since these zones will concentrate the greater diversity. The creation of a biological corridor in the western foothills that connect current protected areas is also suggested.

**Key words:** Areas of priority conservation, Bioclimatic variables, Climate change,

Distribution range, Geographic Information Systems, Mammals, MaxEnt, Occurrence record

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1 DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MAMÍFEROS EN EL ECUADOR

La diversidad biológica en el Ecuador es una de las más grandes del planeta a pesar de ser considerado un país pequeño con 253 370 km<sup>2</sup> de superficie. Esta diversidad se debe a que tiene una ubicación privilegiada por ser parte de tres de las cuatro principales regiones biogeográficas del neotrópico: la cuenca amazónica, la región Tumbes-Chocó-Magdalena y los Andes tropicales con una gran variedad de regiones climáticas (Dangles y Nowicki, 2010).

Según Tirira (2007), en el Ecuador existen 382 especies de mamíferos, por su lado, Albuja (2007), propone a 381 especies, aunque afirma que estos valores no son definitivos. Especies de roedores y marsupiales están siendo estudiadas en la actualidad en busca de su descripción como especies nuevas y gran cantidad de descubrimientos en el grupo de micro-mamíferos voladores se han logrado en los últimos años (Baker *et al.*, 2009; Mantilla-Meluk *et al.*, 2009), nuevas especies han sido resultado de revisiones taxonómicas que separan complejos de especies (Baird *et al.*, 2009), llegando reportarse más de 400 especies de mamíferos para el Ecuador en la actualidad (Tirira, 2010) y seguramente irán incrementando conforme se publiquen nuevos estudios.

La mayor diversidad de mamíferos en el Ecuador se evidencia en los bosques tropicales, de preferencia en la región amazónica que alberga más de la mitad de los mamíferos presentes en el país; mientras que la zona menos diversa del Ecuador continental es la región altoandina (Tirira, 2007). Se predice que la diversidad de mamíferos se incrementa desde los polos hacia el ecuador en un gradiente latitudinal debido a la estabilidad climática y heterogeneidad de

hábitats de la región neotropical (Feldhamer *et al.*, 2004); gradientes similares ocurren con cambios en la elevación, a mayor altitud disminuye la diversidad debido a que disminuye la temperatura y la disponibilidad de agua (Patterson *et al.*, 1989).

Las colecciones de museos de historia natural constituyen herramientas fundamentales en los estudios de diversidad biológica (Sanchez-Cordero *et al.*, 2005). Tienen un papel fundamental porque en ellas se encuentra depositada la información para documentar la diversidad biológica y su distribución geográfica. Así, las colecciones de historia natural que contienen especímenes de mamíferos neotropicales contribuyen al conocimiento sobre la diversidad biológica y permiten definir patrones de diversidad.

### **3.2 ÁREA DE DISTRIBUCIÓN**

Para entender los patrones de diversidad de un grupo taxonómico es necesario conocer el área de distribución de las especies que lo conforman. El área de distribución, se define como la fracción del espacio geográfico donde la especie está presente e interactúa con el ecosistema (Zunino y Zullini, 2003) y está limitada por factores bióticos y abióticos que influyen en su capacidad de sobrevivir y reproducirse adecuadamente (Cox y Moore, 2005).

Representar el área de distribución de una especie resulta algo relativamente complicado ya que las fuentes de información normalmente proveen datos incompletos. Las colecciones de museos de historia natural contienen información muy valiosa en forma de registros de ocurrencia y han sido utilizadas frecuentemente para representar el área de distribución de especies (Anderson y Martínez-Meyer, 2004; Graham *et al.*, 2004; Martínez-Meyer *et al.*, 2004; Apezteguía, 2006; Cárdenas *et al.*, 2009; Burneo, 2010). Sin embargo unir los puntos

donde se sabe que una especie está presente no refleja su distribución real, ya que no se toman en cuenta criterios biogeográficos acerca de los requerimientos de las especies (Zunino y Zullini, 2003); no necesariamente toda el área entre los puntos es idónea para la presencia de la especie; o pueden existir zonas fuera del área de colección que sean idóneas para la presencia de la especie.

Se puede representar el área de distribución de una especie de manera más real cuando se refleja el nicho ecológico de las especies. Hutchinson (1957) definió al nicho ecológico como un hipervolumen de  $n$  dimensiones que constituyen los factores bióticos y abióticos con los cuales el organismo se relaciona. El nicho fundamental representa el área con las condiciones climáticas necesarias para que una especie mantenga poblaciones viables. El nicho efectivo de la especie es la fracción del área que excluye la porción del nicho fundamental que no puede ser explotado por la especie debido a interacciones bióticas como competencia y predación (Smith y Smith, 2001) o debido a presencia de barreras geográficas e intervención humana (Pearson y Dawson, 2003).

El área de distribución de una especie está en constante cambio: puede ampliarse, desplazarse, reducirse y sufrir otras modificaciones, consecuentes con la historia evolutiva de la especie, antes de desaparecer con la extinción de su ocupante (Zunino y Zullini, 2003). Las más simples modificaciones que puede sufrir un área de distribución son la expansión o contracción; si en un lapso de tiempo el área de distribución final no coincide con el territorio original entonces se considera desplazamiento. Entre los factores que condicionan tanto la extensión como la forma del área de distribución de una especie, el clima tiene un papel de importancia primordial, concretamente la temperatura es la mayor responsable de la distribución espacial de los organismos (Zunino y Zullini, 2003), por lo tanto amenazas

actuales como el cambio climático pueden resultar en modificaciones del área de distribución de las especies.

### **3.3 CAMBIO CLIMÁTICO**

El cambio climático se refiere a un conjunto completo de características climáticas que están cambiando de forma evidente como temperatura, precipitación y viento. El calentamiento global es un término utilizado para describir el incremento de la temperatura producto del aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano y otros gases llamados gases invernadero porque atrapan la energía de los rayos como calor y bajan la tasa a la cual el calor sale por la superficie terrestre hacia el espacio (Primack, 2002).

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) hasta el 2005 registró en el último siglo un aumento de 0,76°C en la temperatura global y un aumento de 280 a 379 ppm en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido a la quema de fósiles (Solomon, 2007). Como resultado de este cambio, se predice que el promedio de temperatura del planeta se elevará entre 1,4°C a 5,8°C en el siglo XXI como una proyección basada en las tendencias actuales (Levinsky *et al.*, 2007).

Se han observado cambios en las comunidades biológicas en respuesta al Cambio Climático (Porter *et al.*, 2000; Thuiller *et al.*, 2005; Thuiller *et al.*, 2006) y es necesario revisar estrategias de conservación para enfrentar éstos cambios (Hannah *et al.*, 2002a). Como resultado del calentamiento global, los rangos de distribución de las especies tienden a cambiar, por ende los patrones de diversidad y los ecosistemas donde éstas especies ocurren se ven afectados (Bakkenes *et al.*, 2002). Se predice que organismos más vulnerables podrían

migrar incluso desde el interior de áreas protegidas hacia zonas no protegidas, dificultando así la supervivencia de las especies y requiriendo para su preservación el traslado a zonas más adecuadas o la conservación *ex situ* (Araújo *et al.*, 2004). Además existen evidencias sobre cambios en la fenología de las especies que han afectado las interacciones presa-predador y planta-insecto ya que cada especie responde de diferente manera al Cambio Climático (Parmesan, 2006) y los recursos poco a poco dejan de estar en sincronía con las especies que los necesitan (Hannah *et al.*, 2002a).

En Ecuador se han realizado estudios sobre el cambio climático como amenaza de anfibios (Menéndez-Guerrero, 2008) y se sugiere que el cambio climático estaría favoreciendo la incidencia de enfermedades como la quitridiomycosis (enfermedad de anfibios causada por el hongo *Batachochytrium dendrobatidis*) en regiones neotropicales (Pounds *et al.*, 2006). Sin embargo pocos estudios se han hecho con mamíferos; la mayoría se han realizado con especies de Estados Unidos y Europa (Parmesan, 2006) y faltan estudios que evalúen los cambios de América del Sur. Burns y colaboradores (2003) han recomendado realizar estudios para evaluar cambios en la composición de especies de mamíferos como consecuencia del cambio climático y tomar acciones de conservación a nivel mundial.

Las Estrategias de Conservación Integradas al Cambio Climático (Hannah *et al.*, 2002b) proponen utilizar herramientas que proveen una visión general del posible impacto del cambio climático en la biodiversidad; algunas de estas estrategias incluyen expandir o crear nuevas áreas protegidas en los márgenes de las distribuciones de las especies para mantener poblaciones viables con el cambio climático (Hannah *et al.*, 2005).

### 3.3.1 ESCENARIOS Y MODELOS CLIMÁTICOS

Los escenarios climáticos son predicciones alternativas de cómo podría desarrollarse el clima en el futuro debido al aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. El IPCC desarrolló el Reporte Especial de Escenarios de Emisiones (SRES, *Special Report on Emissions Scenarios*) que cubren las posibles alternativas de emisiones de CO<sub>2</sub> en el futuro; son herramientas útiles para evaluaciones y análisis del cambio climático incluyendo evaluaciones de impactos, adaptación y mitigación (Nakicenovic *et al.*, 2000). El IPCC creó 40 SRES divididos en cuatro familias: A1, A2, B1 y B2, que corresponden a diferentes predicciones de concentraciones de CO<sub>2</sub> en el futuro según las probabilidades de crecimiento demográfico, desarrollo económico y cambios en el uso del suelo (Arnell *et al.*, 2004).

Los modelos climáticos son predicciones que consideran cambios de las condiciones ambientales para evaluar el posible impacto del cambio climático; son capaces de representar el clima y su variabilidad. Se han desarrollado en muchos centros de investigación científica basados en los SRES creados por el IPCC. El Centro Canadiense para el Modelamiento y Análisis del Clima creó las versiones del Modelo Canadiense Global Asociado (CGCM *Climate Global Coupled Model*) para cada familia de SRES, que son representaciones complejas de la mayoría de los componentes de un sistema climático y su interacción; simulan la evolución de un sistema climático incluyendo el rol del océano de secuestrar y redistribuir el calor en escalas de tiempo (Flato *et al.*, 2000). La segunda versión del modelo (CGCM2) aparentemente opera en el mismo régimen climático actual y tiene procesos de retroalimentación que funcionan de manera real (Flato *et al.*, 2000).

El modelo CGCM2 ha formado parte de varios estudios sobre el impacto del cambio climático en la diversidad biológica: tasa de cambio de especies en ocho áreas protegidas de Estados

Unidos (Burns *et al.*, 2003); evaluación del impacto del cambio climático en recursos hídricos (Cohen y Neale, 2006) y cambios en el impacto de enfermedades en especies de plantas como consecuencia del cambio climático (Jesus Júnior *et al.*, 2008).

Los Sistemas de Información Geográfica y el Modelamiento de Distribución de Especies representan herramientas importantes para estimar el efecto del Cambio Climático; son útiles para evaluar la vulnerabilidad y dinámicas de las especies (Hannah *et al.*, 2005) al integrarlos con modelos de cambio climático futuro y predecir la posible área de distribución de una especie al incluir zonas que coinciden con sus requerimientos ambientales actuales.

### **3.4 MODELAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES**

El Modelamiento de Distribución de Especies (MDE) es una herramienta creada para predecir la distribución potencial de las especies. Es un proceso empírico que relaciona registros donde se conoce presencia de la especie con variables ambientales basado en respuestas estadísticas (Fielding y Bell, 1997) que permiten predecir el nicho fundamental de la especie (Hijmans y Graham, 2006). Los modelos no toman en cuenta interacciones entre especies como competencia y predación sino solamente los requerimientos ambientales de la especie diana. Éstas herramientas se han aplicado en estudios de conservación con especies crípticas (Sattler *et al.*, 2007) especies invasivas (Broennimann *et al.*, 2007), cambio climático (Ostendorf *et al.*, 2001; Bakkenes *et al.*, 2002; Thuiller *et al.*, 2006; Araújo y Luoto, 2007; Terblanche *et al.*, 2008) y ha sido muy útil para definir y evaluar áreas prioritarias de investigación y de conservación (Ortega-Huerta y Peterson, 2004; Apezteguía, 2006; Burneo, 2010).

Las condiciones ambientales que son idóneas para la presencia de especies (nicho fundamental) se pueden caracterizar con modelos mecanísticos o correlativos; los modelos mecanísticos incorporan las limitaciones fisiológicas de la especie en las condiciones ambientales y los modelos correlativos estiman las condiciones ambientales idóneas con ayuda de un algoritmo matemático que relaciona el clima y la presencia de la especie (Pearson, 2007) para obtener la distribución potencial de una especie. Muchas veces no existe suficiente información acerca de las limitaciones fisiológicas de algunas especies, en éstos casos las distribuciones potenciales se pueden obtener mediante los modelos correlativos.

El MDE ha sido utilizado para inferir el efecto del cambio climático en la distribución de las especies ya que predicen los rangos de distribución bajo diferentes escenarios de clima futuro (Hijmans y Graham, 2006). Utilizan los requerimientos ambientales conocidos de las especies para inferir la ubicación geográfica de la especie en el futuro como consecuencia del cambio climático.

Para realizar MDE, se utilizan frecuentemente registros de ocurrencia tomados de colecciones de historia natural (Graham *et al.*, 2004). Estos datos representan una limitación ya que tienen información de ocurrencia de localidades (lugares donde se sabe que la especie ha sido encontrada), pero por su naturaleza, los registros de ausencia (áreas en las que se conoce que la especie no está presente) son muy limitados o es difícil comprobar su veracidad ya que el hecho de no encontrar una especie en un determinado lugar no confirma su ausencia ya que puede deberse a fallas o limitaciones del muestreo (Graham *et al.*, 2004). Sin embargo, existen herramientas que trabajan en base a registros de ocurrencia solamente y han demostrado tener buenos resultados (Brotons *et al.*, 2004).

### 3.4.1 MODELAMIENTO DE MÁXIMA ENTROPÍA (MAXENT)

MaxEnt es un algoritmo que realiza predicciones utilizando solamente datos de ocurrencia (Dudík *et al.*, 2007) y la información ambiental de toda el área de estudio (Phillips *et al.*, 2006). De acuerdo con MaxEnt, la distribución potencial de una especie deberá tener máxima entropía y es aquella más cercana a la uniforme; es decir, la más cercana a tener iguales probabilidades de ocurrencia a lo largo de toda el área de estudio (Phillips *et al.*, 2006). De esta manera, MaxEnt estima la probabilidad de distribución de acuerdo a la máxima entropía o la más cercana a la uniforme, ya que la entropía según Jaynes (1957) es una medida de la cantidad de opciones que existen en la selección de un evento.

Los insumos que MaxEnt requiere son: a) localidades de ocurrencia de la especie; b) mapas de variables ambientales; y c) la región geográfica de interés que es el espacio en el cual la distribución está definida (Phillips *et al.*, 2004).

Las localidades que no tienen datos de presencia MaxEnt las interpretan como datos de fondo o pseudo-ausencias (Phillips, 2008). El resultado de MaxEnt es una función exponencial que describe la probabilidad de distribución definida sobre una región geográfica basada en la información de los datos utilizados (Phillips, 2008), dando como resultado un mapa continuo en un rango de probabilidades que coincide con el nicho fundamental de la especie.

## 3.5 CONSERVACIÓN EN EL ECUADOR

Ecuador es considerado como un país megadiverso (Mittermeier *et al.*, 1997). Dos zonas del Ecuador (Chocó/Darién del occidente del Ecuador y los Andes Tropicales) fueron

identificadas como puntos calientes de conservación de biodiversidad (Myers *et al.*, 2000). Adicionalmente se incluye al Ecuador como prioridad para conservar principalmente bajo criterios de biodiversidad vulnerable por la tasa de pérdida de hábitat (por cambio de uso del suelo) que se convierte en pérdida de especies; e irremplazable por alto endemismo (Brooks *et al.*, 2006).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el Ecuador cubre una extensión de 39 601,83 km<sup>2</sup> de superficie continental, que corresponde al 15,96% de la superficie del país. Esta proporción es considerada alta si se compara con otros países (Sierra *et al.*, 2002), sin embargo hay zonas biodiversas que todavía quedan por proteger; Sierra y colaboradores (1999) en una evaluación de eficiencia y cobertura del SNAP hacia la protección de formaciones vegetales demostraron que 25 formaciones se encuentran sub-representadas y 21 están representadas en el SNAP con menos del 10% de su superficie original.

El cambio climático puede disminuir la funcionalidad de las áreas protegidas que están definidas en la actualidad; se predice que para mediados del siglo en el este de la Amazonía los bosques tropicales serán reemplazados por sabanas y la vegetación de zonas semi-áridas será reemplazada por vegetación de zonas áridas (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007). Si esto ocurre, ciertos grupos de animales se verán indirectamente afectados al no tener más su hábitat original dentro de las zonas de protección. Por lo tanto la creación de nuevas áreas protegidas aumentará la probabilidad de protección de especies.

### 3.6 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo pretende evaluar el efecto del cambio climático como posible amenaza para la diversidad y conservación de mamíferos del Ecuador con ayuda de herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Las herramientas de modelamiento para evaluar el efecto del cambio climático han sido ampliamente utilizadas en conservación (Bakkenes *et al.*, 2002; Hannah *et al.*, 2002b; Hannah *et al.*, 2002a; Araújo *et al.*, 2004; Hijmans y Graham, 2006). Es importante realizar modelamiento de distribución de especies en los trópicos, donde se encuentra la mayor biodiversidad, ya que ha recibido menos atención que las especies de zonas templadas (Peterson *et al.*, 2005) y sobretodo evaluar el efecto del cambio climático ya que posiblemente las zonas tropicales serán las más afectadas por estos cambios y las especies de ésta zona se caracterizan por tener nichos especializados (Bush y Hooghiemstra, 2005).

En el Ecuador se ha reportado que el cambio climático es una de las mayores amenazas para los anfibios (Ron *et al.*, 2003; Menéndez-Guerrero, 2008), en especies de insectos se verían afectadas las dinámicas poblacionales y la distribución altitudinal; especialmente especies invasivas (Onore y Bartolozzi, 2008; Liger, 2010) y bajaría su tasa de crecimiento poblacional en los trópicos (Deutsch *et al.*, 2008); además se predice que puede ser causante de cambios de vegetación en el páramo (deVries, 2006). Sin embargo en el Ecuador no se conocen aún las consecuencias de este fenómeno en mamíferos. Es necesario hacer este tipo de investigaciones para comparar con resultados de otros estudios e integrarlos para planes de manejo y conservación de especies.

El presente trabajo es importante para la conservación de especies de mamíferos del Ecuador en el futuro al incluir el efecto del Cambio Climático y evaluar cambios en los patrones de diversidad y número de especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador

(SNAP) para proponer nuevas áreas prioritarias de conservación. Esta investigación puede servir como una herramienta que permita tomar decisiones importantes para la conservación de la diversidad biológica en el país.

Con estos antecedentes, los objetivos de este trabajo son:

- Evaluar el posible efecto del cambio climático en la distribución y diversidad de mamíferos del Ecuador mediante Sistemas de Información Geográfica y Modelamiento de Distribución de Especies, con variables ambientales actuales y de escenarios de cambio climático futuro.
  - Analizar los cambios en el área de distribución de las especies (reducción, aumento o movimiento) y replantear el estado de conservación de las especies en el futuro según el cambio en el porcentaje del área de distribución por efecto del cambio climático
  - Analizar patrones de cambio en la diversidad de los mamíferos en el Ecuador en base a mapas de diversidad actual y del futuro y localizar zonas donde se concentrará la diversidad como consecuencia del Cambio Climático.
  - Evaluar el cambio de especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), para obtener insumos que permitan proponer la creación o ampliación de áreas protegidas y elaboración de corredores biológicos que unan a dos o más áreas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el posible efecto del cambio climático sobre la distribución de especies de mamíferos del Ecuador se realizó modelamiento de distribución de especies (MDE), en base a registros de ocurrencia obtenidos de colecciones de historia natural. Estos registros se correlacionan con las variables ambientales mediante la aplicación de un algoritmo matemático para predecir la distribución actual y proyectarlos a escenarios climáticos del futuro.

### 4.1 REGISTROS DE OCURRENCIA DE ESPECIES

#### 4.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Los registros de ocurrencia de mamíferos del Ecuador utilizados para este estudio fueron tomados de varias fuentes: Se obtuvieron registros de la División de Maztozoología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ-M) que contiene especímenes colectados desde 1969 hasta el 2009 con aproximadamente 11 500 especímenes catalogados; se usó además información de la base de datos *Red Noctilio* (Tirira, 1995-2010) que almacena información de colecciones de mamíferos del Ecuador alojados en más de 75 museos de historia natural del mundo. Actualmente entre éstas dos bases de datos se cuenta con más de 45 000 registros, de los cuales 32 994 están validados y referenciados geográficamente y pertenecen a 1 384 localidades de colección).

Se usaron además registros de ocurrencia de Colombia y Perú de la base de datos disponible en línea *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2009) que fueron revisados, validados y referenciados geográficamente ya que las especies que forman parte de este estudio no son endémicas del Ecuador y estos datos adicionales proveen más información

acerca de las preferencias climáticas de las especies y permite predecir distribuciones que se acerquen más a la realidad. El área de estudio que abarca el total de puntos de ocurrencia tiene una extensión con latitud de 5°N a 9,5°S y longitud de 69,5°W a 81,5°W.

#### 4.1.2 GEORREFERENCIACIÓN

La precisión de localización de los registros de ocurrencia obtenidos fue evaluada mediante SIG, aquellos que no presentaban coordenadas geográficas fueron georreferenciados y los registros con coordenadas geográficas asociadas fueron validados. La georreferenciación se realizó utilizando principalmente capas cartográficas del Proyecto BINU (UNEP y WCMC, 2005) y mapas cartográficos del Instituto Geográfico Militar a escala 1:25000. Para verificar las coordenadas obtenidas se utilizó la calculadora de georreferenciación; una herramienta diseñada por el *Mammal Networked Information System* (MaNIS) y creada para georreferenciar localidades descriptivas como las que se encuentran en museos de historia natural (Wieczorek, 2001) y permite obtener la precisión de georreferenciación ya que calcula la distancia máxima del error en la localidad. Además se utilizó índices toponímicos electrónicos disponibles en el Global Gazetteer versión 2.2 de Falling Rain Genomics, Inc (Falling\_Rain, 1996 - 2010) y en la página del programa DIVA-GIS (Hijmans *et al.*, 2005a) que incluye además información de áreas administrativas, carreteras y ríos. La georreferenciación se realizó con ayuda del paquete ArcGis versión 9.2 (ESRI, 2009).

Una vez georreferenciados, los registros fueron proyectados en un mapa en el programa DIVA-GIS versión 5.2 (Hijmans *et al.*, 2004) y verificados para confirmar la veracidad de las coordenadas con la herramienta *Check coordinates* con la cual se corrigió la información de un importante número de registros. Los datos que permanecieron dudosos no fueron considerados para la elaboración de los modelos de distribución ya que errores espaciales

pueden disminuir la capacidad de predicción del algoritmo. Finalmente se verificó si en el grupo de registros de ocurrencia de cada especie existían duplicados, dado el caso fueron eliminados para evitar autocorrelación espacial en la muestra (Dormann, 2007a).

Se obtuvieron 9 186 registros de ocurrencia con referenciación geográfica revisada y validada para Ecuador, Colombia y Perú. Hubo localidades que no pudieron ser georreferenciadas por falta de precisión, falta de información o ambigüedad de la información geográfica (por ejemplo casos en los que la localidad no coincide con la división política descrita, si tiene asignado solamente un nombre que ocurre más de una vez en una zona o si en la localidad descriptiva no existe dirección ni distancia específicas; Wieczorek, 2001). La Figura 1 muestra todas las localidades georreferenciadas que formaron parte de este estudio proyectadas en un mapa.

#### **4.2 SELECCIÓN DE ESPECIES**

Para los nombres de especies y arreglos taxonómicos se siguió la nomenclatura utilizada por Tirira (2007). En la selección preliminar se excluyó a las especies endémicas de Galápagos y los mamíferos acuáticos ya que este estudio se concentra en especies del Ecuador continental. Se excluyó a las especies más generalistas (ej. las tres especies del género *Carollia*; Chiroptera: Phyllostomidae; *Puma concolor*; Carnivora: Felidae) que soportan una amplia variedad de hábitats, climas o dietas (Stockwell y Peterson, 2002; Hernandez *et al.*, 2006). Esto se realizó ya que se esperaba que las especies distribuidas en una amplia variedad de condiciones climáticas presenten una mayor tolerancia al cambio climático que aquellas ambientalmente restringidas (Brown, 1995); si esto ocurre, estas especies no proveerán

suficiente información para evaluar el impacto del cambio climático. Finalmente se excluyó a especies con incertidumbres taxonómicas ya que pueden haber confusiones con especies crípticas, sinónimos de especies o en el caso de complejos de especies documentadas que pueden generar sesgos en el modelo (Graham *et al.*, 2004). Por ejemplo el caso de *Melanomys caliginosus* (Rodentia: Cricetidae); Hanson y Bradley (2008) proponen ésta especie como un complejo de especies, su arreglo taxonómico actual como una sola especie no reconoce los niveles de variación genética entre los taxa ubicados bajo este nombre, si bien concluyen que las poblaciones del Ecuador pertenecen a una sola especie, los autores recomiendan más estudios moleculares para comprender el estado taxonómico de esta especie.

Se utilizaron tres criterios para realizar la selección definitiva de las especies y asegurar la fiabilidad de los modelos de distribución:

1. **Por número significativo de registros:** Se eliminaron las especies con menos de cinco registros de ocurrencia. Según la metodología de Martínez-Meyer y colaboradores (2004) es necesario obtener al menos cinco registros de ocurrencia para obtener predicciones significativas y que no estén muy cercanos entre sí para evitar la autocorrección espacial (Dormann, 2007a). Además, Hernandez y colaboradores (2006) concluyeron que algoritmos como MaxEnt proveen buenos resultados con tamaños de muestra pequeños (5, 10 y 25 registros de ocurrencia; sección 5.2).
2. **Por evaluación de los modelos:** Fueron eliminadas las especies cuya evaluación del modelo en base al valor de AUC no fue satisfactoria. Esto se explica en detalle en la Sección 4.4.1.
3. **Por distribuciones inconsistentes:** fueron eliminadas las especies cuyo resultado no refleja la distribución real de la especie. Se realizó el análisis visual de las

distribuciones obtenidas y se eliminó las que no coinciden con las distribuciones conocidas en base a análisis visuales con criterio experto (Sección 5.2).

#### **4.3 VARIABLES AMBIENTALES**

Se utilizaron solamente variables climáticas ya que el objetivo es predecir el nicho fundamental de la especie y no el nicho específico. Apezteguía (2006) concluye que los modelos que utilizan solamente variables continuas como temperatura y precipitación han dado buenos resultados, posiblemente, porque son factores determinantes en la distribución de especies (Zunino y Zullini, 2003; Araújo y Luoto, 2007). Aunque se ha recomendado utilizar variables bióticas para mejorar la predicción de los modelos (Guisan y Thuiller, 2005), no fueron tomadas en cuenta ya que podrían ser importantes solo para algunas especies y porque muchas veces la información es limitada.

Las variables ambientales se obtuvieron como capas climáticas digitales a partir de la base de datos del Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005b). Las capas digitales fueron generadas a partir de promedios mensuales de precipitación y temperatura tomados de estaciones climáticas del período 1950 – 2000, a una resolución de 30 segundos geográficos (aproximadamente 1 km<sup>2</sup> en latitudes cercanas a la línea ecuatorial). La base de datos cuenta con once variables de temperatura y ocho variables de precipitación (19 variables bioclimáticas) con el fin de generar variables con significado biológico. Las 19 variables bioclimáticas representan tendencias anuales, estacionalidad, y factores ambientales extremos detalladas en el Anexo 1. Las capas digitales ambientales fueron utilizadas para predecir la distribución potencial de las especies.

Para predecir la posible distribución que tendrían las especies en el futuro se usó un conjunto de capas climáticas de escenarios proyectados en el futuro. Se evaluó el impacto del cambio climático utilizando las 19 variables bioclimáticas obtenidas del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT a una resolución de 30 segundos geográficos; tomadas originalmente del portal de datos del IPCC (Ramirez y Jarvis, 2008). Los modelos de Cambio Climático utilizados son proyecciones para el 2080 (2070 – 2090); se escogió el Modelo de Circulación General (*General Circulation Model*, GCM) CGCM2 propuesto por el Centro Canadiense para el modelamiento del Clima (Flato *et al.*, 2000). Este modelo se basa en predicciones a partir de los patrones de aumento de temperatura observadas en el siglo XX; y predice un patrón de aumento de temperatura con poca variabilidad entre ambos hemisferios, comparada con la variabilidad que predicen otros modelos (Flato y Boer, 2001). La variabilidad de temperatura y precipitación que predice el modelo son coherentes con las observaciones realizadas y simula los efectos del aumento de gases invernadero en la atmósfera (Flato y Boer, 2001).

Se escogió el escenario climático que pertenece a la familia A2 de los SRES del IPCC que corresponde a la proyección con mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> (Nakicenovic *et al.*, 2000) en el futuro y ha demostrado ser la familia que genera resultados más severos (Jesus Júnior *et al.*, 2008). Se utilizó este escenario basados en el principio de precaución, el cual exige tomar medidas de protección del medio ambiente ante el escenario más pesimista, aún cuando no existe evidencia científica del daño que un evento puede causar (Kriebel *et al.*, 2001). Se trata de una acción preventiva ya que no se puede afirmar cuál será el efecto del cambio climático en la distribución de las especies.

Las capas climáticas se transformaron a un formato adecuado para poder visualizarlas en los paquetes de SIG. Las capas de proyecciones futuras tienen información de todo el mundo por lo tanto se procedió a extraer la información necesaria que correspondía al área de estudio. En el Anexo 2 se muestra los mapas del posible cambio en la temperatura media anual como consecuencia del cambio climático y en el Anexo 3 los mapas de cambio de la precipitación anual como consecuencia del cambio climático.

#### **4.4 MODELAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES**

El Modelamiento de Distribución de Especies (MDE) combina los puntos de ocurrencia con las capas ambientales para, mediante algoritmos matemáticos, predecir las zonas en donde los requerimientos ecológicos de las especies ocurren, es decir, su nicho fundamental. El algoritmo escogido fue el de Máxima Entropía (MaxEnt) incluido en el programa MaxEnt versión 3.3.1 (Phillips *et al.*, 2006). Se escogió MaxEnt ya que es un algoritmo de modelamiento que trabaja a partir de información incompleta de datos (Phillips *et al.*, 2006) es decir registros de ocurrencia con los cuáles se ha demostrado que MaxEnt provee buenos resultados (Elith *et al.*, 2006). Los registros se obtuvieron a partir de las colecciones de museos de historia natural. MaxEnt posee características importantes para realizar modelamiento predictivo: 1) Utiliza tanto datos categóricos como continuos e incorpora interacciones entre las variables, 2) Es un algoritmo que trabaja en base a la máxima entropía dando como resultado la distribución más cercana a la uniforme; es decir la más cercana a tener iguales probabilidades de ocurrencia, 3) El resultado es continuo y puede ser transformado a discreto; lo que permite diferenciar áreas idóneas de la distribución, 4) Los

modelos predictivos de MaxEnt son replicables, al utilizar los mismos datos, el algoritmo dará siempre el mismo resultado (Phillips et al., 2006).

El modelamiento se hizo en base a variables continuas aunque se recomienda utilizar las variables categóricas para análisis posteriores cuando sea necesario según el objetivo de la investigación (Apezteguía, 2006). En este estudio no se utilizaron variables categóricas ya que éstas tienen una influencia indirecta en la distribución geográfica de las especies y pueden causar predicciones erróneas cuando los modelos se utilizan para predecir la distribución de las especies en nuevas regiones o bajo escenarios climáticos alternativos (Guisan y Thuiller, 2005).

Los modelos finales fueron reclasificados en base al umbral de clasificación escogido para obtener el mapa de distribución potencial (presencia/ausencia) de cada especie, donde se representa la presencia de la especie en los hábitats más idóneos según sus preferencias climáticas. Algunos de los mapas de distribución potencial obtenidos fueron modificados, eliminando zonas donde se sabe que la especie no puede estar presente debido a presencia de barreras geográficas basados en los mapas de distribución potencial presentados por Tirira (2007).

#### 4.4.1 EVALUACIÓN DE MODELOS

Para evaluar los modelos Phillips y colaboradores (2006) recomiendan realizar replicaciones haciendo particiones de los datos disponibles. Ésta técnica se utiliza para reducir el sesgo en la medida del rendimiento predictivo y evaluar la estabilidad del modelo (Guisan y Zimmermann, 2000). Siguiendo lo propuesto por Fielding y Bell (1997), se dividió el grupo

total de datos en particiones de entrenamiento y evaluación (explicado en detalle más adelante en esta misma sección).

Los puntos de ocurrencia de las especies para las cuales se obtuvo al menos cinco registros fueron proyectados en un mapa. Se utilizó el programa DIVA-GIS versión 5.2 (Hijmans *et al.*, 2004) que es un SIG con herramientas que permiten preparar los datos para realizar modelamiento con algoritmos como MaxEnt y GARP; con la herramienta *export modelling* se creó un archivo que puede ser leído por MaxEnt.

Se corrieron modelos de evaluación en MaxEnt para cada una de las especies haciendo varias repeticiones según el número de registros para evaluar el comportamiento de los modelos. Se utilizaron dos tipos de replicación: a) el método de validación cruzada (muestreo sin reposición); es decir que los mismos datos de ocurrencia no pueden incluirse en los datos de evaluación más de una vez (Kohavi, 1995; Guisan y Zimmermann, 2000), este tipo de replicación divide al tamaño de muestra en varios grupos de tamaño parecido (Kohavi, 1995); y, b) el método de *bootstrapping*, que permite hacer varias separaciones de los datos y es un muestreo al azar con reposición (el mismo registro de ocurrencia puede ser incluido en el modelo más de una vez; Efron *et al.*, 1993), así pueden construirse múltiples modelos para verificar la veracidad del modelo resultante. Se realizaron en total cuatro procedimientos según el número de registros obtenidos para cada especie:

- 1) Para las especies con cinco a catorce registros. El número de repeticiones fue igual al número de registros y se realizó con el método de replicación de validación cruzada.

- 2) Para las especies quince a 30 registros se realizaron tres repeticiones con el 33% de datos de evaluación. El método de replicación utilizado fue *bootstrapping*.
- 3) Para las especies con 31 a 99 registros se realizaron cuatro repeticiones con el 25% de los datos para evaluación del modelo. El método de replicación utilizado fue *bootstrapping*.
- 4) Para las especies con más de 100 registros de ocurrencia se realizaron cinco repeticiones utilizando el 20% de los datos para la evaluación de modelo. El método de replicación utilizado fue *bootstrapping*.

Los resultados que provee MaxEnt son de carácter continuo y se expresan como valores de probabilidad (Phillips *et al.*, 2006). Cuando el resultado de un modelo es continuo se puede calcular su rendimiento usando estadísticos que se deriven de la matriz de confusión la cual registra la frecuencia de los cuatro posibles tipos de predicción (observación y predicción de ausencias y presencias).

Las medidas independientes del umbral son estadísticos que se han utilizado para evaluar el rendimiento de los modelos de distribución de especies (Phillips *et al.*, 2006; Graham *et al.*, 2008; Trivedi *et al.*, 2008). Éstas medidas evalúan el modelo en base a todos los posibles umbrales. Se utilizó las curvas ROC (*Receiver Operating Characteristics*) como prueba independiente del umbral para evaluar los modelos de distribución de especies. El valor de AUC puede interpretarse como la probabilidad a la que el modelo distingue entre localidades en las cuales la especie está presente o ausente (Fielding y Bell, 1997). Se calculó el valor del Área bajo la Curva ROC (AUC: *Area Under the ROC Curve*) de todas las repeticiones para cada especie.

Siguiendo lo propuesto por Elith y colaboradores (2006) y Phillips y Dudik (2008) se consideró válido un modelo cuando se obtiene un AUC entre 0,75 y 1. Se eliminaron los modelos con valores de AUC menores a 0,75 de los cuales pueden resultar distribuciones sesgadas. Siguiendo lo propuesto por Fielding y Bell (1997). Para los modelos de los cuales se obtuvo una evaluación apropiada en la predicción de distribución, se realizó un modelo final para cada especie utilizando todos los registros de ocurrencia disponibles de manera que se utilice toda la información acerca de la presencia de especies lo que permite obtener una mejor estimación de la distribución potencial (Phillips *et al.*, 2006). Los modelos finales obtenidos fueron proyectados con los parámetros de las capas de cambio climático para predecir la distribución potencial de las especies en el futuro.

#### **4.5 UMBRAL DE CLASIFICACIÓN**

Los mapas proporcionados por MaxEnt son probabilísticos de idoneidad de hábitat de las especies (Phillips *et al.*, 2004). En este trabajo se transformó los mapas continuos de probabilidad a mapas binarios (de presencia-ausencia) en base al umbral de clasificación específico sobre el cual se predice la presencia de la especie. El umbral para cada modelo se obtiene al identificar el punto de la curva ROC donde se maximiza la suma de sensibilidad y especificidad (Manel *et al.*, 2001). Basados en lo propuesto por Liu y colaboradores (2005), se escogió dos tipos de umbrales el “*Minimum Training Sensitivity Plus Specificity*” y el “*Equal Training Sensitivity and Specificity*” que combinan la sensibilidad y especificidad ya que han demostrado tener buenos resultados en estudios similares. Los umbrales se obtuvieron de uno de los archivos proporcionados por MaxEnt. Entre los dos umbrales escogidos, utilizamos el

de menor valor para obtener la mayor área potencial de distribución posible para cada especie en base al principio de precaución.

La conversión a mapas binarios se realizó con el fin de identificar la zona climáticamente idónea para la presencia de la especie. Se realizó el análisis visual de la distribución de cada una de las especies y se comparó con las distribuciones de la Guía de campo de Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2007). Se eliminaron zonas que se predicen como idóneas pero que se sabe que no han sido colonizadas debido a presencia de barreras geográficas. Estas zonas fueron eliminadas realizando polígonos de corte con la forma del área que se necesitaba eliminar.

Para todos los mapas utilizamos el *datum* WGS84 (*World Geodetic System*) y fueron proyectados en coordenadas UTM zona 17S, para obtener la posición correcta del Ecuador en el mundo. Todos los procedimientos para la edición de los mapas de distribución se realizaron con el paquete ArcGis 9.2 (ESRI, 2009).

#### **4.6 CAMBIO CLIMÁTICO**

Los modelos de distribución del futuro se realizaron siguiendo la misma metodología explicada en la Sección 4.2 esta vez proyectando las distribuciones potenciales actuales a escenarios climáticos del futuro que poseen la misma escala que los modelos del presente.

#### 4.6.1 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ESPECIES

Siguiendo la metodología utilizada por Thomas y colaboradores (2004), para predecir el impacto del cambio climático se asumió que la distribución de las especies tiende a estar en equilibrio con el clima y que las especies no tienen límites de dispersión en relación a la distribución actual; por lo tanto el área de distribución del futuro es toda el área proyectada. Se asume que las especies no tienen límites de dispersión ya que al ser los mamíferos un grupo heterogéneo cada orden tendrá diferentes capacidades de dispersión y en este estudio se pretende obtener patrones generales de distribución de mamíferos.

Para todas las especies se estimó el área de distribución en la actualidad y en el futuro. Se calculó el cambio absoluto del rango de distribución restando el área actual con la del futuro con el fin de obtener el área y porcentaje del área que permanecerá habitable por la especie. Al calcular la diferencia de áreas de distribución actual y futura se reportó si existe expansión o contracción del área de distribución. Finalmente mediante el análisis visual de las distribuciones se identificó si existe conexión entre las predicciones de hábitat idóneo actual y futuro o si existió desplazamiento del área de distribución.

#### 4.6.2 ANÁLISIS DE PATRONES DE RIQUEZA DE ESPECIES

Se realizó la superposición de los mapas potenciales de distribución de cada especie para obtener mapas generales de riqueza de especies tanto para la actualidad como para el 2080. Esto permitió identificar las zonas de mayor diversidad potencial basada en la idoneidad de

hábitat y evaluar los cambios en los patrones generales de riqueza que podrían ocurrir en el futuro como consecuencia del cambio climático. Se ha reportado que, como consecuencia del cambio climático, las especies buscarán moverse hacia zonas de mayor altitud (Levinsky *et al.*, 2007), por tal motivo se realizó el análisis de riqueza en relación a los pisos altitudinales y regiones ecológicas de modo que se pueda conocer las zonas más importantes de riqueza en el futuro y corroborar lo reportado.

- **Análisis de riqueza en relación a los pisos altitudinales:** se realizó con una capa de pisos zoogeográficos según la clasificación de Tirira (2007). Esto permite conocer los pisos altitudinales que presentan mayor riqueza en la actualidad y comparar con los que serán más diversos en el futuro debido a los cambios en el área de distribución de las especies como consecuencia del cambio climático. Los pisos zoogeográficos de la división propuesta por (Tirira, 2007), que se encuentran entre 0 y 6 270 msnm:
  - *Altoandino.*- Entre 3 000 y 4 500 msnm en la cordillera de Los Andes.
  - *Nival.*- Sobre los 4 500 msnm en la cordillera de Los Andes.
  - *Templado Oriental.*- Entre 2 000 y 3 000 msnm en las estribaciones orientales de la cordillera de Los Andes.
  - *Subtropical Oriental.*- Entre 1 000 y 2 000 msnm en las estribaciones orientales de la cordillera de Los Andes.
  - *Tropical Oriental.*- Entre los 0 y 1 000 msnm al oriente de la cordillera de Los Andes.
  - *Templado Occidental.*- Entre 2 000 y 3 000 msnm en las estribaciones occidentales de la cordillera de Los Andes.

- *Subtropical Occidental*.- Entre 1 000 y 2 000 msnm en las estribaciones occidentales de la cordillera de Los Andes.
  - *Tropical Occidental Húmedo*.- Entre los 0 y 1 000 msnm al occidente de la cordillera de Los Andes, en la zona norte y central de la costa, extendiéndose hacia el norte a la zona del Chocó colombiano.
  - *Tropical Occidental Seco*.- Entre los 0 y 1 000 msnm al occidente de la cordillera de Los Andes, en la zona central costera y sur de la costa, extendiéndose hacia el sur a la zona tumbesina del Perú.
- **Análisis de riqueza en relación a regiones biogeográficas:** se realizó con la capa de ecorregiones según la clasificación de Ron y colaboradores (en prensa); una simplificación de la clasificación de Sierra (1999b). De igual manera que con los pisos altitudinales esto permite conocer el patrón de diversidad de regiones biogeográficas y comparar con los patrones en el futuro para evidenciar cambios en la biodiversidad como consecuencia del cambio climático. Las regiones biogeográficas del Ecuador son las siguientes:
- *Matorral seco*.- bosque seco de la costa central del Ecuador con vegetación adaptada a temperaturas altas y condiciones extremadamente secas. Posee una superficie de 8 033 km<sup>2</sup>.
  - *Bosque deciduo*.- bosque seco de la costa sur del Ecuador con vegetación adaptada a condiciones secas. Posee una superficie de 26 673 km<sup>2</sup>.
  - *Bosque tropical occidental*.- bosques húmedos tropicales de la región del Chocó con una superficie de 31 732 km<sup>2</sup>.

- *Bosque piemontano occidental*.- bosque siempreverde de las estribaciones del los Andes occidentales con una superficie de 15 305 km<sup>2</sup>.
- *Bosque montano occidental*.- bosque siempreverde de la cordillera occidental con una superficie de 21 576 km<sup>2</sup>.
- *Páramo*.- páramos andinos del Ecuador con vegetación adaptada a frías temperaturas una superficie de 15 976 km<sup>2</sup>.
- *Matorral andino*.- bosques de la cordillera de los andes con vegetación adaptada a poca precipitación y una superficie de 11 266 km<sup>2</sup>.
- *Bosque montano oriental*.- bosque siempreverde de la cordillera oriental con una superficie de 31 555 km<sup>2</sup>.
- *Bosque piemontano oriental*.- bosque siempreverde de las estribaciones orientales de los Andes con una superficie de 13 133 km<sup>2</sup>.
- *Bosque tropical amazónico*.- bosques tropicales con vegetación adaptada a alta precipitación anual. Es la región biogeográfica más extensa con una superficie de 73 909 km<sup>2</sup>.

#### **4.7ANÁLISIS DE VARIABLES BIOCLIMÁTICAS**

Se analizaron las variables bioclimáticas para identificar aquellas que aportaron mayormente con la predicción de los modelos, tanto en términos generales como particulares en relación a cada región del Ecuador (Costa, Sierra y Amazonía) y a las especies que en el 2080 se encontrarán en Peligro Crítico (CR). Esto permitió conocer las variables que determinan la distribución de mamíferos y las condiciones ambientales más influyentes en la potencial distribución de mamíferos en escenarios de cambio climático.

#### 4.8 ANÁLISIS DE RIESGO DE EXTINCIÓN

Este estudio pretende evaluar el riesgo de extinción de las especies a causa de la posible reducción del área de distribución provocado por el cambio climático. A cada una de las especies que forman parte de este estudio se le asignó la categoría del estado de conservación actual tomada de la base de datos de la UICN (IUCN, 2010). Se asignó una nueva categoría para las especies modeladas a futuro en base al porcentaje de pérdida de idoneidad del área para la distribución de cada especie basados en el supuesto de dispersión universal. Se siguió la metodología utilizada por Thuiller y colaboradores (2005) y se asignó las categorías de amenaza para el futuro según el criterio A3(c) de la UICN (IUCN, 2001). Este criterio se refiere a la extensión del área donde se sabe que un determinado taxón está presente; se utiliza cuando existe una reducción del área de distribución de la especie. Se asignan las categorías de acuerdo al porcentaje de pérdida del área de distribución de la siguiente manera:

- Extinta (EX): proyección de pérdida de su rango del 100% en 50 años.
- Peligro Crítico (CR): proyección de pérdida de su rango de más del 80%.
- En Peligro (EN): proyección de pérdida de su rango de más del 50%.
- Vulnerable (VU): proyección de pérdida de su rango de más del 30%
- Casi Amenazada (NT): proyección de pérdida de su rango menor a 30%.
- Preocupación Menor (LC): proyección sin pérdida de su rango.

El literal C del criterio A3(c) se utiliza cuando fluctuaciones extremas ocurren en ciertos taxones cuando el área de distribución varía de forma amplia, rápida y frecuente.

## 4.9 ANÁLISIS DE ÁREAS PRIORITARIAS

### 4.9.1 CAMBIO DE LA RIQUEZA DE ESPECIES EN EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

Para obtener el cambio en el número de especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) se calculó el cambio en la riqueza de especies (ganadas y pérdidas) realizando la resta del mapa de riqueza potencial del futuro con la del presente. Con la capa del SNAP tomada del Proyecto BINU (UNEP y WCMC, 2005) se calculó la fracción de especies para las cuáles el territorio en protegidas del SNAP es apropiado y el la fracción de especies para las cuáles será apropiado en el futuro en estas mismas áreas. Esto se realizó con el fin de identificar las áreas actualmente protegidas más vulnerables y aquellas que ganarían más especies.

### 4.9.2. ÁREAS PRIORITARIAS PARA CONSERVAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Es necesario mantener un cierto porcentaje de la superficie terrestre como áreas protegidas para conservar especies (Brooks *et al.*, 2004). Como consecuencia del cambio climático, se espera que cambie la distribución de áreas adecuadas para muchas especies (Johnson, 1998) y que se reduzca su área de distribución (Thuiller *et al.*, 2005). Por tal motivo es necesario proponer a posibles áreas prioritarias de conservación en el futuro.

Mediante el cálculo del cambio de la riqueza de especies se identificaron zonas que no pertenecen al SNAP que en el futuro ganarán especies para considerarlas como áreas prioritarias de conservación (aquellas que ganarían al menos 5 especies en el futuro). Adicionalmente se reclasificó el mapa de riqueza general en el 2080 para identificar zonas

donde se concentrará la mayor diversidad en el futuro (al menos 50 especies) y proponer también como áreas prioritarias de conservación.

Todos los cálculos se realizaron utilizando la herramienta *map calculator* del paquete ArcGis 9.2 (ESRI, 2009).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 SELECCIÓN DE ESPECIES

En la selección preliminar se obtuvieron datos de distribución de 174 especies de mamíferos del Ecuador (Anexo 4) representadas en 35 familias y 11 órdenes (Figura 2) con un total de 9 186 registros de ocurrencia con coordenadas geográficas validadas que formaron parte del análisis. La selección definitiva de especies se realizó en base a los tres criterios especificados en la Sección 4.2 obteniendo los siguientes resultados:

#### 1. Por número significativo de registros:

Luego de la revisión validación de todos los registros de ocurrencia tres especies fueron eliminadas por no tener un número significativo de registros:

- *Mustela felipei* (Carnivora: Mustelidae)
- *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae)
- *Sigmodon inopinatus* (Rodentia: Cricetidae)

Para cada especie obtuvimos un máximo de tres registros de ocurrencia. Se ha visto que conforme disminuye el tamaño de la muestra, disminuye el rendimiento del modelo (Hernandez *et al.*, 2006) por lo tanto especies con menos de cinco registros de ocurrencia fueron eliminadas del análisis. Esto es consistente con lo realizado por Menéndez-Guerrero (2008) quien obtuvo datos de distribución de 167 especies de anfibios de la colección del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sin embargo, para los análisis de cambio climático utilizaron solamente 87 especies, que corresponden a aquellas con al menos cinco registros únicos de distribución. Es necesario que la distribución espacial

de los registros de ocurrencia represente la mayor parte del ambiente idóneo para la presencia de la especie de manera que el modelo prediga como presencia a todo el ambiente donde la combinación de condiciones climáticas es adecuada para la presencia de la especie.

## 2. Por evaluación de los modelos:

Cinco especies fueron eliminadas por obtener valores demasiado bajos de AUC en uno o más de las repeticiones de modelos del set de entrenamiento:

- *Dinomys branikki* (Rodentia: Dinomyidae) – AUC mínimo 0,33
- *Chrotopterus auritus* (Chiroptera: Phyllostomidae) – AUC mínimo 0,67
- *Lonchophylla handleyi* (Chiroptera, Phyllostomidae) – AUC mínimo 0,31
- *Uroderma magnirostrum* (Chiroptera, Phyllostomidae) – AUC mínimo 0,14
- *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae) – AUC mínimo 0,69

Estas especies arrojaron valores de AUC menores a lo recomendado ( $AUC > 0,75$ ) en las repeticiones dando como resultado un modelo aleatorio que no explica la distribución de la especie. La Tabla 1 muestra los valores de AUC de cada repetición para cada especie según la metodología explicada en la Sección 4.4.1 y los valores promedio de AUC. En cuatro de las cinco especies, los valores del promedio general arrojan valores mayores a 0,75, sin embargo en una o más evaluaciones individuales se evidencia un bajo rendimiento de los modelos que pueden representar distribuciones sesgadas que no se acerquen a la realidad.

Por ejemplo, *Uroderma magnirostrum* (Chiroptera: Phyllostomidae) en ocho de las doce repeticiones no cumple con el valor recomendado para considerar válido un modelo. El menor valor es  $AUC = 0,149$  y el promedio de los valores es  $AUC = 0,578$ . Esto indica que no existe una buena discriminación de hábitats para la presencia de la especie (Elith et al., 2006).

*U. magnirostrum* es una especie con rangos de elevación entre 0 y 1 140 m.s.n.m. en Venezuela, sin embargo, la mayoría de capturas se han realizado alrededor de los 500 m.s.n.m. (Handley Jr, 1978) y ha sido considerada una especie rara (Kalko *et al.*, 1996; Tirira, 2007) con densidades poblacionales bajas a pesar de su rango de distribución (Nogueira *et al.*, 2003). Es difícil obtener registros de ocurrencia que representen todas las preferencias climáticas de especies raras y muchas veces sus patrones de colección pueden tener sesgos en el espacio geográfico y ambiental (Barry y Elith, 2006) en cuyo caso, aunque el número de registros es adecuado para predecir el modelo, la información que proveen no es suficiente para obtener un resultado confiable.

### **3. Por distribuciones inconsistentes**

La distribución predicha de nueve especies no coincidió con la distribución actual conocida (Tirira, 2007), aunque la evaluación de los modelos indicó una predicción certera con valores de AUC aceptables. Es posible que estas especies tengan relaciones bióticas específicas que hagan que su nicho fundamental tenga una forma desproporcionada, o que sea necesario utilizar otro umbral mediante el cual se obtenga una distribución más cercana a la realidad, sin embargo, se utilizó un método estandarizado para todas las especies; por lo tanto fueron eliminadas del análisis. Pueden existir sesgos en las distribuciones por tener registros de ocurrencia muy cercanos entre sí. Apezteguía (2006) recalcó la importancia de que existan datos de ocurrencia que representen más condiciones en las que puede habitar la especie ya que datos espacialmente cercanos no aportan información valiosa al algoritmo. Los datos muy cercanos entre sí pueden presentar autocorrelación espacial y disminuir la validez del modelo o predecir distribuciones sesgadas (Phillips *et al.*, 2006; Dormann, 2007a). Las especies eliminadas fueron.

- *Akodon latebricola* (Rodentia: Cricetidae)
- *Reithrodontomys sonderstromi* (Rodentia: Cricetidae)
- *Leopardus tigrinus* (Carnivora: Felidae)
- *Leopardus wiedii* (Carnivora: Felidae)
- *Speothos venaticus* (Carnivora: Canidae)
- *Mustela frenata* (Carnivora: Mustelidae)
- *Lasiurus blossevillii* (Chiroptera: Vespertilionidae)
- *Eptesicus brasiliensis* (Chiroptera: Vespertilionidae)
- *Phyllostomus discolor* (Chiroptera: Phyllostomidae)

En el mapa de distribución potencial de la especie *Akodon latebricola* (Rodentia: Cricetidae) existe una sobre predicción del rango de distribución de la especie. Predice probabilidad de presencia en la Cordillera de los Andes desde la provincia del Carchi hasta la provincia del Azuay e inclusive una franja de presencia en la provincia de Zamora Chinchipe (Figura 3). Se sabe que es una especie endémica de la Sierra centro norte del Ecuador, entre las provincias del Carchi y Tungurahua (Tirira, 2007), para restringir la distribución sería necesario utilizar otras variables o tener en cuenta competencia entre especies del mismo género que no fueron incluidas en este estudio. Además actualmente se encuentran realizando un análisis molecular de ésta especie y es posible que sea un complejo de especies (Alvarado, comentario personal), esto apoyó a que la excluyamos del análisis.

Por otro lado en la especie *Phyllostomus discolor* (Chiroptera: Phyllostomidae) se observa una baja predicción de la distribución geográfica. Tirira (2007) propone a toda la Costa y Amazonía ecuatoriana como idónea para presencia de la especie. El modelo obtenido predijo toda la costa con alta probabilidad de presencia pero solamente dos pequeñas franjas aisladas

en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Pastaza omitiendo el sur de la Amazonía ecuatoriana (Figura 4). Esto se explica en parte por la carencia de puntos en el Perú y el sur de la Amazonía del Ecuador, posiblemente por limitados esfuerzos de captura o porque las colecciones de especies muchas veces están sesgadas hacia carreteras y centros pobladas y faltan colecciones en zonas más alejadas (Camacho, 2007). Es posible que los datos de ocurrencia no representen toda la preferencia climática de las especies y resulte en una subestimación de la distribución potencial (Dormann, 2007b).

Sin embargo, la franja sin predicción en el centro norte de la Amazonía es muy rara porque si existen puntos de colección en ese lugar por lo que no se tiene una explicación ecológica razonable para el resultado de este modelo, ya que la especie se extiende desde el sur de México hasta el norte de Perú y noreste de Bolivia, el oeste de Paraguay y sureste de Brasil (Kwiecinsky, 2006). Algunas veces los modelos de especies raras, con amplios rangos geográficos, tienden a ser menos ajustados a su distribución real que especies comunes (Manel *et al.*, 2001; Thuiller *et al.*, 2004) porque de las últimas las colecciones de historia natural tendrán más registros que representen sus preferencias climáticas.

## **5.2 MODELAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES**

Se obtuvieron 157 modelos finales de distribución potencial de especies con alta fiabilidad tanto por el valor obtenido de AUC como por la superficie resultante. Este número corresponde al 41% de las especies de mamíferos reportadas para el Ecuador y el 90% de las especies seleccionadas preliminarmente. Los modelos finales de éstas 157 especies fueron el

insumo para el análisis de Cambio Climático (Tabla 2); en la Figura 2 se representa la proporción de especies por orden.

Los modelos finales de algunas especies incluyeron zonas de predicción donde se sabe que la especie no está presente debido a la presencia de barreras geográficas. Éstas zonas fueron eliminadas mediante SIG. Por ejemplo, dos especies de primates *Ateles belzebuth* (Primates: Atelidae) y *Lagothrix poeppigii* (Primates: Atelidae) son especies simpátricas con distintos patrones de forrajeo (Dew, 2005) que habitan en la Amazonía ecuatoriana y se sabe que el Río Napo actúa como barrera geográfica que limita la distribución de ambas especies hacia el sur (Tirira, 2007), sin embargo se predice como hábitat idóneo a toda la Amazonía por las características climáticas parecidas. La Figura 5 muestra las distribuciones modificadas de ambas especies con presencia de la especie en la Amazonía al sur del río Napo.

## **5.3 CAMBIO CLIMÁTICO**

### **5.3.1 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ESPECIES**

Los modelos predictivos de distribución proyectadas al cambio climático futuro de las 157 especies incluidas en el análisis demostraron que el fenómeno de cambio climático producirá la reducción del área de distribución mamíferos en el Ecuador. En promedio, el 53,5% del área de distribución de las especies analizadas se verá reducida (Tabla 3), asumiendo que las especies no tuvieran límites de dispersión (dispersión universal) y serán capaces de ocupar

cualquier hábitat apropiado (Peterson *et al.*, 2001); es decir se asume que el área de distribución del futuro es toda el área proyectada.

Todos los órdenes de mamíferos que fueron objeto de este estudio presentarán reducción en el área de distribución. Aquellos más afectados serían: Cingulata que pierde 74,8% de la distribución, seguido de Didelphimorphia que pierde el 64,5% y Chiroptera que pierde un 61,9%. Los órdenes menos afectados serían Soricomorpha, que pierde el 12,8% de la distribución y Artiodactyla perdería el 39,2% de la distribución con dos y seis especies respectivamente (Tabla 3). Debido a que se suma el área de las distribuciones de cada especie de un orden, se esperaría que grupos taxonómicos con mayor número de especies acumulen mayor área perdida. Una excepción ocurre con el orden Didelphimorphia con doce especies; a pesar que este orden estuvo representado con una especie menos que el orden Primates, pierde una mayor área de su distribución geográfica.

Varios estudios han evaluado el efecto del cambio climático en diferentes aspectos siendo la reducción de las áreas de distribución el principal efecto; como resultado de ésta reducción el 20% de especies de mamíferos se perderán en parques nacionales de Estados Unidos (Burns *et al.*, 2003), se verán en peligro crítico de extinción aproximadamente el 70% de especies de mamíferos no voladores de Europa (Levinsky *et al.*, 2007) y el 22% de especies de plantas de Europa (Thuiller *et al.*, 2005) y se predice la pérdida casi total del área de distribución un mamífero endémico de Europa, el damán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*; Morueta-Holme *et al.*, 2010).

Las respuestas de las especies al cambio dependen de su tolerancia climática. Las respuestas de mamíferos frente al cambio climático varían entre especies; los murciélagos (Chiroptera)

por ejemplo son muy sensibles a la temperatura por su tamaño pequeño, hibernan en sitios con pequeños rangos de temperatura y humedad (Humphries *et al.*, 2002). Las colonias de murciélagos se limitan por la disponibilidad de sitios de hibernación donde se encuentran esos requerimientos, por lo tanto se puede especular sobre cambios en la estructura de comunidades de murciélagos si el cambio climático resulta en modificaciones de estos sitios (Hellmann *et al.*, 2010). Las raposas (*Didelphimorphia*) han modificado el área de su distribución y el cambio climático parece tener un importante rol en el desplazamiento de sus áreas de distribución (Myers *et al.*, 2009); debido a que todas las especies de éste orden pertenecen a la misma familia y poseen características muy similares (Tirira, 2007) es posible que respondan de manera similar frente al cambio climático aunque serán necesarios más estudios.

En cuanto a número especies, 147 se verían afectadas y sufrirían una contracción del área de distribución original; esto corresponde al 93,6% del total de especies estudiadas. Solamente diez especies expandirían el área de distribución; esto corresponde al 6,4% del total de especies estudiadas. Levinsky y colaboradores (2007) trabajaron solamente con especies de mamíferos terrestres no voladores y predijeron que el 87% de especies experimentan amplia reducción del rango bajo el supuesto de dispersión universal, éstos resultados son menos severos que los obtenidos en este trabajo ya que el 91% de las especies de mamíferos que pertenecen al grupo de terrestres no voladores experimentaron una amplia reducción de su área de distribución.

Las especies que expandirán el área de distribución en el 2080 son: *Ichthyomys hydrobates* (Rodentia: Cricetidae, 43,7%), *Alouatta palliata* (Primates: Atelidae, 43,5%), *Glossophaga soricina* (Chiroptera: Phyllostomidae, 19,3%), *Ichthyomys tweedii* (Rodentia: Cricetidae, 17,4%), *Saccopteryx bilineata* (Chiroptera: Emballonuridae, 10,9%), *Noctilio albiventris*

(Chiroptera: Noctilionidae, 10,1%), *Proechimys brevicauda* (Rodentia: Echymidae, 8,7%), *Cryptotis montivaga* (Soricomorpha: Soricidae, 4,3%) y *Myotis riparius* (Chiroptera: Vespertilionidae, 3,7%). *Proechimys quaduplicatus* (Rodentia: Echymidae) reduce el rango de distribución pero solamente el 0,2%. En la Tabla 4 se detallan los valores absolutos de cambios en el área de distribución y el porcentaje de cambio de las especies que aumentarán el área para el 2080. Es posible que en el futuro el cambio de las características climáticas en ciertas zonas favorezca a la presencia y supervivencia de estas especies sin embargo sería necesario tomar en cuenta otras amenazas como cambio de uso de suelo y fragmentación para analizar el estado de conservación de éstas especies. Por ejemplo *Alouatta palliata* pese a que climáticamente podría aumentar el área idónea para su distribución, al tener una distribución restringida a la Costa y estribaciones occidentales del Ecuador (Tirira, 2007), su estado de conservación estaría más asociado a la amplia fragmentación del hábitat que esta región presenta.

En la Tabla 5 se muestra la lista de especies que reducen su rango de distribución para el 2080 con el porcentaje de rango perdido por cada especie. Del total de especies aproximadamente una tercera parte reducen su rango de distribución para el 2080 en más del 80%. Como resultado del efecto del cambio climático, los rangos de distribución de las especies tienden a modificarse, y por lo tanto cambian los centros de riqueza de especies (ver sección 5.5).

### 5.3.2 ANÁLISIS DE PATRONES DE RIQUEZA DE ESPECIES

Al superponer los mapas de distribución potencial de cada especie se obtuvieron los mapas de riqueza de mamíferos del Ecuador tanto para la proyección en datos actuales (1950 – 2000)

como para el futuro (2080). La Figura 6 muestra el mapa de riqueza actual y la Figura 7 la riqueza en el 2080. Estos mapas representan las zonas idóneas para presencia de mamíferos ecuatorianos. En el mapa actual, en la zona de mayor riqueza confluyen 109 especies mientras que en el mapa de diversidad del 2080 confluyen 95 especies, es decir que, como consecuencia del calentamiento global las zonas de mayor diversidad perderían especies. La Figura 8 muestra las zonas donde las condiciones ambientales serían apropiadas para por lo menos 60 especies en la actualidad y en el 2080, y se puede observar que las zonas de mayor riqueza en el 2080 se reducirán y se acercarán hacia las estribaciones de la Cordillera de los Andes, probablemente las áreas idóneas para presencia de especies estarán cerca de zonas altas; existen predicciones de movimiento de las áreas de distribución de especies hacia zonas de mayor altitud (Levinsky *et al.*, 2007).

- **Análisis de riqueza en relación a los pisos altitudinales:** El análisis de diversidad por pisos altitudinales es importante porque varios autores han concluido que, como consecuencia del cambio climático, las especies buscarán moverse hacia zonas más altas (Pounds *et al.*, 2005; Levinsky *et al.*, 2007) o en dirección hacia mayores latitudes en el caso del Hemisferio Norte (Parmesan, 2005) . La Figura 9 representa la división por pisos zoogeográficos propuesta por (Tirira, 2007), que se encuentran entre 0 y 6 270 msnm:

Debido a que la probabilidad de extinción y de colonización es inversamente proporcional al tamaño, se espera que áreas de mayor extensión sean más diversas en términos absolutos que áreas pequeñas, sin embargo según la relación especie/área el aumento de superficie de una región no es proporcional al aumento de las especies que se encuentran en una región por lo

que regiones más pequeñas serán más diversas en relación al tamaño (Connor y McCoy, 2001).

La Tabla 6 muestra los valores de riqueza absoluta y relativa para cada uno de los pisos altitudinales en la actualidad y en el 2080. En todos los pisos altitudinales la diversidad en el 2080 sería menor; es decir que, como consecuencia del cambio en la temperatura y la precipitación disminuye la diversidad.

La mayor riqueza absoluta de mamíferos se encuentra en los pisos *Tropical oriental* y el *Subtropical oriental* (Figura 10), siendo el primero el de mayor número de especies en la actualidad lo cual es consistente con Tirira (2007) que propone a este piso como el más diverso considerando que es el estrato de mayor superficie. Sin embargo los pisos altitudinales más importantes en términos de diversidad relativa fueron el *Templado occidental* y *Subtropical occidental* con 7,02 especies/1000 km<sup>2</sup> y 7,63 especies/1000 km<sup>2</sup> respectivamente (Figura 11), tomando en cuenta que entre ambos suman solamente 20 588 km<sup>2</sup> por ser los pisos altitudinales de menor área. Éstos resultados coinciden con el análisis de residuales de la relación especie/área obtenidos por Burneo (2010) ya que se esperaría tener mayor cantidad de especies en relación a la superficie en áreas pequeñas.

De manera interesante, el piso zoogeográfico que mostró mayor riqueza absoluta en el 2080 fue el *Subtropical oriental* a pesar de tener una superficie mucho menor (10 611,14 km<sup>2</sup>), aunque los más importantes en cuanto a diversidad relativa fueron también el *Templado occidental* (5,91 especies/1000 km<sup>2</sup>) y *Subtropical occidental* (6,68 especies/1000 km<sup>2</sup>). Los pisos altitudinales que más especies perderán hacia el 2080 en cuanto a diversidad relativa fueron el *Templado oriental* (1,13 especies/1000 km<sup>2</sup>) y *Templado occidental* (1,11

especies/1000 km<sup>2</sup>). Estos resultados son importantes ya que en este estudio se predice reducción del área de distribución de especies hacia las estribaciones de la cordillera de los Andes, tanto al occidente como al oriente. Sin embargo al no existir movimiento de las distribuciones se esperaría que estos pisos no ganen especies, al contrario, que las pierdan como consecuencia de cambios en las condiciones climáticas por los cuáles dejarían de ser habitables para ciertas especies.

De manera interesante, el piso zoogeográfico que mostró mayor riqueza absoluta en el 2080 fue el *Subtropical oriental* a pesar de tener una superficie mucho menor (10 611,14 km<sup>2</sup>), esto es consistente con lo observado ya que el área de distribución de las especies de la Amazonía del Ecuador se restringiría a las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes, es decir al piso altitudinal *Subtropical oriental*. Éstos resultados confirman a la Amazonía como una de las zonas que se verá más afectada como consecuencia del cambio climático (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007) y la posibilidad de que las especies busquen establecerse en zonas altas (Pounds *et al.*, 2005; Levinsky *et al.*, 2007).

- **Análisis de riqueza en relación a regiones biogeográficas:** Las regiones biogeográficas son extensiones grandes de tierra que tienen distintos ensamblajes geográficos de comunidades naturales que comparten especies, dinámicas ecológicas y condiciones ambientales similares. La Figura 12 representa las regiones biogeográficas del Ecuador.

La Tabla 7 muestra la diversidad absoluta y relativa de especies en las regiones biogeográficas del país; en todas ellas se observa que habría una disminución en la diversidad de especies como consecuencia del cambio climático. La Figura 13 representa la diversidad de las tres

regiones biogeográficas con mayor riqueza absoluta tanto para la actualidad como para el 2080: *Bosque Tropical Amazónico*, *Bosque Piemontano Oriental* y *Bosque Montano Oriental*. Se esperaría que las regiones con mayor área sean las más diversas; esto se cumplió tanto para el *Bosque Tropical Amazónico* como para el *Bosque Montano Oriental*, las regiones más grandes; sin embargo la diversidad en términos absolutos para el *Bosque Piemontano Oriental* es alta considerando que es una región con un área relativamente pequeña.

Las regiones biogeográficas más importantes en términos de diversidad relativa fueron las cuatro regiones más pequeñas que es lo que se esperaría por la relación especie / área (Figura 14), como se demostró en el trabajo de Burneo (2010).

Estos resultados reflejan la importancia del *Bosque piemontano oriental* en cuanto a su diversidad biológica, tanto absoluta como relativa. Por otro lado, las regiones que en términos absolutos se verán menos afectadas como consecuencia del cambio climático son: el *Bosque montano occidental*, el *Bosque montano oriental*, el *Páramo* y el *Matorral andino*. Mientras que los más afectados serán el *Bosque húmedo tropical occidental*, el *Bosque tropical amazónico* y el *Matorral seco*. Las áreas de distribución de las especies se restringían a la cordillera de los Andes y sus estribaciones y es consistente con lo propuesto por otros autores (Pounds *et al.*, 2005; Levinsky *et al.*, 2007). Adicionalmente las especies perderían su hábitat idóneo y tendrán que restringirse a áreas de menor tamaño, lo cual podría tener consecuencias en su conservación.

#### 5.4 ANÁLISIS DE VARIABLES BIOCLIMÁTICAS

Las variables que más influyeron en la predicción de la distribución de especies de mamíferos a nivel de país fueron: la BIO14 que corresponde a *precipitación del mes más seco* y la BIO 18 que corresponde a *precipitación del trimestre más caliente*. Estas variables fueron las más importantes en un mayor número de modelos individuales, en los cuáles aportaron, en promedio, con el 45,6% (42 modelos) y el 37,8% (26 modelos) de explicación de la predicción obtenida respectivamente. Adicionalmente la variable BIO 14 es la que más determinó la distribución de las especies que se encontrarían en el 2080 en Peligro Crítico (CR) y en Peligro (EN; sección 5.6) y a las especies que se distribuyen en la Amazonía del Ecuador que serían posiblemente las más afectadas en términos absolutos.

Se predice que cambios en la circulación atmosférica en respuesta al aumento de temperatura puede causar que algunas zonas se vuelvan más húmedas y otras más secas (Hulme, 2005); en un bosque tropical de Costa Rica, la frecuencia de días secos ha incrementado desde 1970 y por lo tanto aumentan los períodos secos (Pounds *et al.*, 2005). En la Amazonía del Ecuador se predice que la precipitación bajará como consecuencia del cambio climático y que los bosques tropicales podrían convertirse en sabanas (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007) y se ha comprobado que una disminución en los patrones de precipitación afectan en mayor medida que la temperatura a especies de bosques tropicales (Condit, 1998). Aunque otros estudios predicen un ligero aumento de la precipitación en la Amazonía, se ha demostrado que existe gran variabilidad en la precipitación en Sudamérica (Vera *et al.*, 2006).

El valor de las variables BIO14 y BIO18 del modelo climático utilizado para el 2080 demuestran reducción en el valor de la precipitación (BIO 14 disminuye de 310 a 302 mm y la BIO 18 disminuye de 1 982 a 1 552 mm). Por lo tanto es posible que al aumentar la frecuencia

de sequías en los bosques tropicales disminuya el área idónea de distribución de muchas especies. Reducciones moderadas en la precipitación podrían provocar graves consecuencias biológicas (Bush y Hooghiemstra, 2005) y tendrían un impacto mucho mayor en las especies que el aumento de la temperatura, aunque son necesarios más estudios para comprobar esta teoría (Allen y Ingram, 2002).

Las variables más importantes con un número mayor de modelos individuales y que determinaron en mayor porcentaje la distribución de la mayoría de las especies de la Costa fueron la BIO18 (*precipitación del trimestre más caliente*) con el 37,9% (25 modelos) de explicación y BIO 5 (*temperatura máxima del mes más caliente*) con el 32,4% (9 modelos), lo que sugiere que el área de distribución de especies en la Costa también estaría mayormente influenciada por la precipitación. Los modelos climáticos no incluyen predicciones sobre el cambio de uso de suelo, pero se ha demostrado que la deforestación favorece a la frecuencia de días secos (Lawton *et al.*, 2001). El Anexo 5 muestra el mapa de vegetación intervenida del Ecuador; claramente se ve a la Costa como la región más afectada, donde existe un remanente de menos del 31,6% de la vegetación original (Sierra, 1999a). Es posible que por el cambio en el uso de suelo, las especies de la Costa se vean en el futuro aún más afectadas de lo que se predice en este estudio.

Por otro lado, la variable más importante con un número mayor de modelos individuales y que determinó en mayor porcentaje la distribución potencial de la mayoría de especies de la región Sierra fue la BIO8 (*temperatura media del trimestre más húmedo*) con el 61,9% (17 modelos) de la explicación. Ésta variable aumentará en 1,5°C para el 2080. Este estudio sugiere que las especies que se distribuyen en la Cordillera de los Andes serían las menos afectadas (en cuanto a la reducción de su área de distribución) como consecuencia del cambio climático. Si

las especies de la Cordillera de los Andes tuvieran que migrar hacia zonas donde la temperatura es idónea para su presencia por el aumento de la temperatura no tendrán que moverse más de 30 a 40 km (Bush y Hooghiemstra, 2005), esto es posible bajo el supuesto de dispersión universal ya que no existen barreras geográficas importantes que les impidan migrar. Sin embargo, de las 157 especies analizadas, solamente 35 se distribuyen en la cordillera de los Andes por lo que habría que realizar más estudios sobre el impacto del cambio climático en esta zona para aclarar los posibles efectos en el área de distribución. Faltan estudios por realizar en zonas montañosas pero se predice que las especies adaptadas a los climas más fríos están declinando, ya que no tendrán zonas con clima idóneo hacia donde migrar (Parmesan, 2005). Además quedaría por aclarar los efectos secundarios o sinérgicos de un aumento de temperatura en el hábitat de las poblaciones de mamíferos, especialmente en relación a la mayor probabilidad de invasión de especies o de insectos vectores de enfermedades infecciosas como ha ocurrido en humanos (Patz *et al.*, 1996; Gubler *et al.*, 2001).

## **5.5 ANÁLISIS DE RIESGO DE EXTINCIÓN**

Debido a las consecuencias biológicas que pueden ocurrir como consecuencia del cambio climático, varios estudios han evaluado el riesgo de extinción de especies (Thomas *et al.*, 2004; Araujo *et al.*, 2005; Thuiller *et al.*, 2005).

La Tabla 8 muestra los resultados actuales y del posible cambio del estado de conservación de las especies en el 2080. Existirían cambios importantes en las dos categorías de amenaza más graves: en Peligro Crítico (CT) existen en la actualidad el 0,64% de las especies estudiadas mientras que en el 2080 estaría el 29,9% de las especies; En Peligro (EN) existen en la actualidad 1,91% mientras que en el 2080 estaría el 29,3%. El Anexo 6 muestra el posible

estado de conservación en el que se encontraría cada una de las especies estudiadas en el 2080 como consecuencia del cambio climático futuro.

De manera interesante todas las especies que en el futuro se encontrarían en Peligro Crítico (CR) se distribuyen en la Amazonía del Ecuador; 28 especies se distribuyen exclusivamente en la Amazonía y 19 especies se distribuyen a ambos lados de la cordillera de los Andes. Estos resultados corroboran una vez más la probabilidad de que el bosque tropical amazónico sería el ecosistema del Ecuador mayormente afectado por el cambio climático como consecuencia de cambios en los patrones de precipitación y temperatura. El modelamiento predictivo no puede pronosticar la extinción de una especie, sin embargo la reducción en el área de distribución aumenta el riesgo (Thomas *et al.*, 2004) y pequeños eventos estocásticos pueden afectar en mayor proporción a poblaciones pequeñas o geográficamente restringidas. Además, si las especies se restringen a pequeños rangos, cambios en el uso de suelo debido a la influencia humana podrían causar su extinción.

Los resultados obtenidos predicen que el 67,6% de las especies que actualmente se encuentran fuera de las categorías de amenaza (Vulnerable, En Peligro y En Peligro Crítico) entrarían en el 2080 en una de estas categorías (Tabla 8). Levinsky y colaboradores (2007) obtuvieron que el 78% de las especies de mamíferos europeos entrarían en una categoría de amenaza como efecto del Cambio Climático. El análisis en función del criterio A3(c) reveló que casi la tercera parte de las especies se encontrarían en peligro crítico de extinción debido a la disminución del área de distribución. Bajo el mismo criterio, Thuiller y colaboradores (2005) predijeron que el 22% de las especies de plantas de Europa se verían en el 2080 en peligro crítico de extinción. Estos resultados revelan la importancia de la implementación de acciones para disminuir las emisiones de gases invernadero y programas masivos de reforestación y

restauración de bosques secundarios de manera que se pueda mitigar el efecto del cambio climático.

Estos resultados permiten inferir sobre la sensibilidad de los mamíferos ecuatorianos frente a cambios de temperatura y precipitación tomando en cuenta que, bajo el criterio de dispersión universal, el efecto del cambio climático es menor que bajo el supuesto de no migración (Thuiller *et al.*, 2005). Bajo el supuesto de dispersión universal se asume que las especies serían capaces de colonizar cualquier hábitat climáticamente idóneo para su presencia. Sin embargo este supuesto no toma en cuenta factores como predación ni competencia que puede limitar la capacidad de colonizar un lugar (Smith y Smith, 2001). Tampoco se considera el cambio de uso de suelo ni zonas fragmentadas que limitarían la capacidad de migración de las especies (Higgins *et al.*, 2003). Tomando en cuenta el área fragmentada del país (Anexo 5) el riesgo de extinción de las especies estudiadas podría ser mayor que el obtenido.

## **5.6 ANÁLISIS ÁREAS PRIORITARIAS**

### **5.6.1 TASA DE CAMBIO DE ESPECIES EN EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS**

Como consecuencia del Cambio Climático, en promedio las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) más importantes perderían un 9,4% de sus especies pero existe un amplio rango de variación entre ellas. La Tabla 9 detalla los valores absolutos del cambio de especies y porcentajes de pérdida de especies en el SNAP y la Figura 15 representa el cambio en la riqueza de especies donde se observa que la mayor pérdida se da en la Amazonía del Ecuador. Las áreas protegidas que perderán más especies debido al Cambio Climático serían: el Parque Nacional Yasuní (76,24% de pérdida) y la Reserva de Producción

Faunística Cuyabeno (78,13% de pérdida) que corresponde al norte y centro de la Amazonia. En la Figura 16 se observa el cambio de especies en éstas áreas. Estos datos son consistentes con resultados preliminares similares de estudios que están siendo desarrollados en el Ecuador en otros grupos de vertebrados donde se obtuvo que las áreas protegidas más vulnerables serían el PN Yasuní y la RPF Cuyabeno (Menéndez-Guerrero, 2008).

En la Cordillera de los Andes se pierden números significativamente menores de especies en comparación con áreas amazónicas, existen áreas protegidas que posiblemente se verían menos perjudicadas ya que perderían menos del 10% de su diversidad potencial, entre estas áreas se encuentra el Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras, este resultado es consistente con lo obtenido en el trabajo de Menéndez-Guerrero (2008) donde se propone a ésta área como una de las zonas con menor pérdida de especies como consecuencia del cambio climático.

Cinco Áreas Protegidas aumentarían en términos absolutos el número de especies en el 2080: el Parque Nacional Cotopaxi (34,15%), el Parque Nacional Podocarpus (14,56%), la Reserva de Producción Faunística Chimborazo (12,50%), la Reserva Ecológica Los Ilinizas (2,97%) y el Parque Nacional Sangay (1,43%). La Figura 17 muestra la tasa de cambio de éstas áreas indicando que la Cordillera de los Andes en términos de diversidad, sería la zona que más especies ganaría en el 2080 y se corrobora la hipótesis de que las especies buscarán restringir su área de distribución a zonas de mayor altitud como consecuencia del cambio climático futuro (Levinsky *et al.*, 2007). En el estudio realizado por Menéndez-Guerrero (2008) se obtuvo que una de las áreas con mayor ganancia de especies corresponde El Parque Nacional Sangay, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este trabajo.

Los parques nacionales y reservas ecológicas son claves para la conservación y protección de especies, lamentablemente a pesar de que el porcentaje de la superficie protegida del Ecuador continental es relativamente alta, su manejo no es lo suficientemente adecuado como para dar una protección real a los ecosistemas y a la diversidad de especies (Sierra *et al.*, 2002). Bajo amenazas potenciales como el cambio climático, es posible que las áreas prioritarias de conservación en el futuro no sean las mismas que las actuales. Por el aumento de gases de invernadero en la atmósfera y su consecuente efecto en el clima, las distribuciones geográficas de las especies se modificarían, y es posible que algunas busquen migrar hacia zonas apropiadas en el futuro que cumplan con sus requerimientos ambientales y sus áreas de distribución dejen de incluir las zonas actualmente protegidas (Araújo *et al.*, 2004; Hannah *et al.*, 2007). Por lo tanto sería importante tomar en cuenta el cambio de especies en estas zonas para conocer cuáles serán las áreas protegidas actuales importantes de mantener para el futuro.

Burns y colaboradores (2003) evaluaron el cambio de especies como consecuencia del cambio climático de especies extantes de mamíferos en áreas protegidas de Estados Unidos, y registraron que las áreas protegidas del sur perderán el mayor número de especies de mamíferos mientras que otras áreas permanecerán intactas. Algunos estudios realizados en el hemisferio norte han demostrado que las especies buscarán moverse hacia el norte (Parmesan y Yohe, 2003; Parmesan, 2005) y se acercarán al polo donde existen zonas más frías.

#### 5.6.2 ÁREAS PRIORITARIAS PARA CONSERVAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La biología de la conservación ha explorado las implicaciones del tamaño, forma y localidad de las reservas naturales, pero poco se desarrolla en cuanto al efecto del cambio climático (Cowling, 1999). La creación de nuevas áreas protegidas, la ampliación de las actuales y la

creación de corredores biológicos tomando en cuenta cambios que se producirían como efecto del cambio climático permitiría efectivizar la conservación de especies y sus ecosistemas (Sierra *et al.*, 2002).

En base al análisis de riqueza y de tasa de cambio de especies se identificaron cuatro Áreas Prioritarias (AP) para conservar en el futuro y un corredor biológico que permitiría conectar áreas actualmente protegidas y evitar que se fragmenten bosques naturales. En la Figura 18 se detallan las cuatro regiones que serían prioritarias para conservar identificadas y un corredor biológico hacia el lado occidental de la cordillera de los Andes.

El AP1 es la más extensa y se encuentra en el oeste de la provincia de Pastaza y en el centro de la provincia Morona Santiago, es importante porque limita al este con el PN Sangay y el PN Llanganates por lo que se podría proponer para conectar las dos áreas protegidas y ampliarlas. El AP2 se encuentra al sur de la provincia de Chimborazo y en la parte norte de la provincia del Cañar; es importante ya que gran parte de esta área ya se encuentra protegida por el PN Sangay al oeste y sería factible su ampliación hacia el oeste para abarcar toda el área propuesta. El AP3 se encuentra a sureste del país limitando con el Perú, entre las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago, cerca al PN Podocarpus en las estribaciones orientales de la región Austral del Ecuador; ésta área coincide con lo propuesto para conservación de anfibios por Menéndez-Guerrero (2008). El AP4 se encuentra en el centro de la provincia de Pichincha entre la RE Llanganates y la RE Los Ilinizas por lo que se podría proponer conectar estas dos áreas protegidas en las estribaciones occidentales del norte; esta área también coincide con una de las áreas prioritarias de conservación propuesta por Menéndez-Guerrero (2008), lo cual es interesante ya que esto sugiere que diferentes grupos taxonómicos se restringirían en el futuro como consecuencia del cambio climático a zonas de características

similares y cercanas entre sí y al proponerlas como áreas prioritarias de conservación se estaría protegiendo a una mayor diversidad de especies.

Finalmente se propone la creación de un corredor biológico en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes desde la RE El Ángel hacia el sur por el PN Cotopaxi, la RE los Ilinizas, la RPF Chimborazo, el PN Sangay, el PR El Cajas hasta el PN Podocarpus. Las características reales de éstas regiones tendrán que ser evaluadas en el campo para determinar con mayor detalle las zonas dentro de éstas regiones que podrían ser protegidas.

Las áreas prioritarias que se propones y el corredor biológico en su mayoría forman parte de los bosque montanos de oriente y occidente en base a (Sierra, 1999b) que lamentablemente son dos formaciones vegetales con alto impacto antrópico y han perdido gran parte de su vegetación natural. En la Figura 19 se eliminan áreas que se propondrían como prioritarias pero que no son bosques naturales y han sido intervenidas según Sierra (1999a). Solamente la AP2 y la AP3 quedan prácticamente intactas; aquellas zonas prioritarias que actualmente se encuentran fragmentadas sería importante considerarlas en programas de reforestación y restauración de bosques secundarios, de manera que se pueda regenerar los bosques naturales de estas zonas y entonces proponerlas para ser conservadas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este estudio predice que el área de distribución de mamíferos se reducirá en un 50,6%, Como consecuencia del cambio de temperatura y precipitación, el área de distribución de las especies se verá disminuida en el futuro, se reducirán las zonas idóneas para presencia de las especies lo que incrementará el riesgo de extinción de las poblaciones.
- La Amazonía ecuatoriana sería la región más afectada debido al cambio climático. El cambio climático haría que las especies adaptadas a vivir en estos ambientes se restrinjan a vivir en zonas más altas y reduzcan sus áreas de distribución actuales. La diversidad en el 2080 se podría concentrar en la Cordillera y estribaciones de los Andes.
- Las áreas protegidas que en términos absolutos ganarían especies en el 2080 son el PN Sangay, el PN Cotopaxi, el PN Podocarpus, la RE Los Ilinizas y la RPF Chimborazo. Todas se encuentran ubicadas en la Cordillera y en las estribaciones de los Andes, con lo que se confirma la hipótesis que las especies buscarán vivir en zonas más altas y cercanas a montañas donde la temperatura será menor.
- Se identificaron cuatro zonas en el Ecuador que serían importantes para conservar en el futuro: AP1. Al este del PN Llanganates y PN Sangay. AP2. Al norte del PN Sangay. AP3 al sur del Ecuador entre las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago. AP4. En el centro de la provincia de Pichincha.
- El mapa de vegetación remanente del Ecuador indica que las zonas propuestas como prioritarias para conservar se encuentran actualmente fragmentadas debido a la deforestación y a la intervención antrópica. Por lo tanto, es importante crear planes de

reforestación y restauración de bosques secundarios para entonces proponer nuevas áreas protegidas.

- Se recomienda ampliar esta investigación a un área de estudio donde se incluya a otros países que forman parte de la distribución de las especies para evaluar el patrón de cambio de distribución a una escala regional o continental.
- Realizar estudios similares con otros grupos taxonómicos para comparar los posibles efectos entre grupos y proponer áreas prioritarias de conservación donde se integre a la mayor cantidad de especies y representatividad taxonómica, integrar al estudio fragmentación del hábitat para eliminar como posible zona de presencia a aquellas que se encuentran actualmente disturbadas.
- Ampliar el estudio comparando varios escenarios climáticos ya que existe la posibilidad que la predicción de cada escenario varíe en el Ecuador, por lo tanto es importante hacer comparaciones que permitan determinar cuáles serían los resultados que arroja cada escenario.
- Se debe incluir proyectos similares con análisis separados por cada orden de mamíferos en donde se incluya un criterio de dispersión según el grupo y un análisis enfocado en cada orden para determinar las variables bioclimáticas que más influyen en su distribución.
- Realizar monitoreos ecológicos para detectar cambios y posibles reacciones de las especies frente al cambio climático con el fin de corroborar los resultados que se presentan en este estudio.

## 7. LITERATURA CITADA

- Albuja, L. 2007. Lista de Mamíferos actuales del Ecuador. *Politécnica* 27(4): 7-33.
- Allen, M.R. y Ingram, W.J. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature* 419(6903): 224-232.
- Anderson, R.P. y Martínez-Meyer, E. 2004. Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116(2): 167-179.
- Apezteguía, A. 2006. Elaboración de modelos de distribución geográfica de micromamíferos voladores y uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica para priorizar áreas de investigación en la Amazonía del Ecuador, Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Araujo, M.B., Pearson, R.G., Thuiller, W. y Erhard, M. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11(9): 1504-1513.
- Araújo, M.B. y Luoto, M. 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16(6): 743-753.
- Araújo, M.B., Cabeza, M., Thuiller, W., Hannah, L. y Williams, P.H. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10(9): 1618-1626.
- Arnell, N.W., Livermore, M.J.L., Kovats, S., Levy, P.E., Nicholls, R., Parry, M.L. y Gaffin, S.R. 2004. Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change* 14(1): 3-20.

- Baird, A.B., Hillis, D.M., Patton, J.C. y Bickham, J.W. 2009. Speciation by monobrachial centric fusions: A test of the model using nuclear DNA sequences from the bat genus *Rhogeessa*. *Molecular phylogenetics and evolution* 50(2): 256-267.
- Baker, R.J., McDonough, M.M., Swier, V.J., Larsen, P.A., Carrera, J.P. y Ammerman, L.K. 2009. New species of bonneted bat, genus *Eumops* (Chiroptera: Molossidae) from the lowlands of western Ecuador and Peru. *Acta Chiropterologica* 11(1): 1-13.
- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R. y Latour, J.B. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8(4): 390-407.
- Barry, S. y Elith, J. 2006. Error and uncertainty in habitat models. *Journal of Applied Ecology* 43(3): 413-423.
- Broennimann, O., Treier, U.A., Muller-Scharer, H., Thuiller, W., Peterson, A.T. y Guisan, A. 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology letters* 10(8): 701-709.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D. y Rodrigues, A.S.L. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313(5783): 58.
- Brooks, T.M., Bakarr, M.I., Boucher, T., Da Fonseca, G.A.B., Hilton-Taylor, C., Hoekstra, J.M., Moritz, T., Olivieri, S., Parrish, J. y Pressey, R.L. 2004. Coverage provided by the global protected-area system: Is it enough? *BioScience* 54(12): 1081-1091.
- Brotons, L., Thuiller, W., Araújo, M.B. y Hirzel, A.H. 2004. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography* 27(4): 437-448.
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press.

- Burneo, S.F. 2010. Uso de Herramientas de Sistemas de Información Geográfica y Modelamiento de Distribuciones para determinar Zonas Prioritarias de Investigación y Conservación de la Mastofauna Ecuatoriana, Tesis de Maestría en Biología de la Conservación, Universidad Internacional de Andalucía, La Rábida.
- Burns, C.E., Johnston, K.M. y Schmitz, O.J. 2003. Global climate change and mammalian species diversity in US national parks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(20): 11474.
- Bush, M. y Hooghiemstra, H. 2005. Tropical Biotic Responses to Climate Change. En: *Climate Change and Biodiversity* (T.E. Lovejoy y L. Hannah eds) Yale University, Ann Arbor.
- Camacho, M.A. 2007. Evaluación de la colección mastozoológica del Museo de Zoología de la PUCE y determinación de áreas prioritarias de colección, Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Cárdenas, R.E., Buestán, J. y Dangles, O. 2009. Diversity and distribution models of horse flies (Diptera: Tabanidae) from Ecuador, pp. 511-528.
- Cohen, S. y Neale, T. 2006. Participatory integrated assessment of water management and climate change in the Okanagan Basin, British Columbia. Environment Canada and University of British Columbia, Vancouver.
- Conde-Álvarez, C. y Saldaña-Zorrilla, S. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo* 23(2): 23-30.
- Condit, R. 1998. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in Panama. *Climatic Change* 39(2): 413-427.
- Connor, E.F. y McCoy, E.D. 2001. Species–area relationships. *Encyclopedia of biodiversity* 5: 397–411.

- Cowling, R.M. 1999. Planning for persistence--systematic reserve design in southern Africa's Succulent Karoo desert. *Parks* 9(1): 17-30.
- Cox, C.B. y Moore, P.D. 2005. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach* 7th ed Blackwell Publishing. Oxford.
- Dangles, O. y Nowicki, F. 2010. *Biota Máxima. Ecuador Biodiverso*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Institut de Recherche pour le Développement, Quito.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. y Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(18): 6668.
- deVries, T. 2006. Las plantaciones de pino y el calentamiento global cambian el páramo. *Revista Nuestra Ciencia* 8: 15-18.
- Dew, J.L. 2005. Foraging, food choice, and food processing by sympatric ripe-fruit specialists: *Lagothrix lagotricha poeppigii* and *Ateles belzebuth belzebuth*. *International Journal of Primatology* 26(5): 1107-1135.
- Dormann, C.F. 2007a. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. *Global Ecology and Biogeography* 16(2): 129-138.
- Dormann, C.F. 2007b. Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology* 8(5): 387-397.
- Dudík, M., Phillips, S.J. y Schapire, R.E. 2007. Maximum entropy density estimation with generalized regularization and an application to species distribution modeling. *Journal of Machine Learning Research* 8: 1217-1260.
- Efron, B., Tibshirani, R. y Tibshirani, R.J. 1993. *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall/CRC.

- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R. y Lehmann, A. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29(2): 129-151.
- ESRI. 2009. ArcGIS Desktop, v.9.2. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA.
- Falling\_Rain 1996 - 2010 Global Gazetteer v2.2 (En línea) Falling Rain Genomics Inc. . [fecha de acceso Octubre de 2009]. Disponible en <<http://www.fallingrain.com/>>
- Feldhamer, G.A., L.C., D., Vessey, S.H. y J.F., M. 2004. *Mammalogy: adaptation, diversity, ecology*. Second Edition. McGraw-Hill
- Fielding, A.H. y Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Foundation for Environmental Conservation* 24(1): 38-49.
- Flato, G.M. y Boer, G.J. 2001. Warming asymmetry in climate change simulations. *Geophysical Research Letters* 28(1): 195-198.
- Flato, G.M., Boer, G.J., Lee, W.G., McFarlane, N.A., Ramsden, D., Reader, M.C. y Weaver, A.J. 2000. The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis global coupled model and its climate. *Climate Dynamics* 16(6): 451-467.
- GBIF 2009 Global Biodiversity Information Facility. Free and open access to biodiversity data (En línea) [fecha de acceso Septiembre de 2009]. Disponible en <<http://data.gbif.org/welcome.htm>>
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C. y Peterson, A.T. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology & Evolution* 19(9): 497-503.

- Graham, C.H., Elith, J., Hijmans, R.J., Guisan, A., Peterson, A.T. y Loisel, B.A. 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology* 45(1): 239-247.
- Gubler, D.J., Reiter, P., Ebi, K.L., Yap, W., Nasci, R. y Patz, J.A. 2001. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector-and rodent-borne diseases. *Environmental Health Perspectives* 109(Suppl 2): 223.
- Guisan, A. y Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135(2-3): 147-186.
- Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9): 993-1009.
- Handley Jr, C.O. 1978. Mammals of the Smithsonian Venezuelan project. *Brigham Young University Science Bulletin-Biological Series* 20(5): 1.
- Hannah, L., Midgley, G.F. y Millar, D. 2002a. Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology and Biogeography* 11(6): 485-495.
- Hannah, L., Midgley, G., Hughes, G. y Bomhard, B. 2005. The view from the Cape: extinction risk, protected areas, and climate change. *BioScience* 55(3): 231-242.
- Hannah, L., Midgley, G.F., Lovejoy, T., Bond, W.J., Bush, M., Lovett, J.C., Scott, D. y Woodward, F.I. 2002b. Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16(1): 264-268.
- Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R. y Williams, P. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(3): 131-138.

- Hanson, J.D. y Bradley, R.D. 2008. Molecular diversity within *Melanomys caliginosus* (Rodentia: Oryzomyini): evidence for multiple species. Occasional Papers Museum of Texas Tech University 275: 1-11.
- Hellmann, J.J., Nadelhoffer, K.J., Iverson, L.R., Ziska, L.H., Matthews, S.N., Myers, P., Prasad, A.M. y Peters, M.P. 2010. Climate change impacts on terrestrial ecosystems in metropolitan Chicago and its surrounding, multi-state region. Journal of Great Lakes Research 36(sp2): 74-85.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L. y Albert, D.L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography 29(5): 773-785.
- Higgins, S.I., Lavorel, S. y Revilla, E. 2003. Estimating plant migration rates under habitat loss and fragmentation. Oikos 101(2): 354-366.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrentes, I. y Rojas, E. 2004. DIVA-GIS. Vsn. 5.2. A geographic information system for the analysis of species distribution data. Manual disponible en. <http://www.diva-gis.org>.
- Hijmans, R., O'Bryen, R., Guarino, L. y Jarvis, A. 2005a DIVA-GIS v5.2 (En línea) Public Participation GIS (PPGIS). [fecha de acceso 25 Marzo de 2009]. Disponible en <<http://www.diva-gis.org/>>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. y Jarvis, A. 2005b. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25(15): 1965-1978.
- Hijmans, R.J. y Graham, C.H. 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. Global Change Biology 12(12): 2272-2281.

- Hulme, M. 2005. Recent Climate Trends. En: *Climate Change and Biodiversity* (T.E. Lovejoy y L. Hannah eds) Yale University, Ann Arbor.
- Humphries, M.M., Thomas, D.W. y Speakman, J.R. 2002. Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature* 418(6895): 313-316.
- Hutchinson, G.E. 1957. *An introduction to population ecology*. Yale University Press New Haven.
- IUCN 2001. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1* Comisión para Supervivencia de Especies de la UICN, Cambridge, Inglaterra.
- IUCN 2010 *The IUCN Red List of Threatened Species* (En línea) International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. [fecha de acceso Marzo de 2010]. Disponible en <<http://www.iucnredlist.org/>>
- Jaynes, E.T. 1957. Information theory and statistical mechanics. II. *Physical review* 108(2): 171-190.
- Jesus Júnior, W.C., Valadares Júnior, R., Cecílio, R.A., Moraes, W.B., Vale, F.X.R., Alves, F.R. y Paul, P.A. 2008. Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. *Scientia Agricola* 65: 40-53.
- Johnson, C.N. 1998. Species extinction and the relationship between distribution and abundance. *Nature* 394(6690): 272-274.
- Kalko, E.K.V., Handley Jr, C.O. y Handley, D. 1996. Organization, diversity, and long-term dynamics of a Neotropical bat community. *Long-term studies of vertebrate communities*. San Diego, Academic Press, 597p.[Links]: 503-553.
- Kohavi, R. 1995. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *Citeseer*, pp. 1137-1145.

- Kriebel, D., Tickner, J., Epstein, P., Lemons, J., Levins, R., Loechler, E.L., Quinn, M., Rudel, R., Schettler, T. y Stoto, M. 2001. The precautionary principle in environmental science. *Environmental Health Perspectives* 109(9): 871.
- Kwiecinsky, G.G. 2006. *Phyllostomus discolor*. *Mammalian Species* 801: 1-11.
- Lawton, R.O., Nair, U.S., Pielke Sr, R.A. y Welch, R.M. 2001. Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests. *Science* 294(5542): 584.
- Levinsky, I., Skov, F., Svenning, J.C. y Rahbek, C. 2007. Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. *Biodiversity and Conservation* 16(13): 3803-3816.
- Liger, M.B. 2010. Elaboración de mapas de riesgo de infestación de tres especies de polillas de la papa (Lepidoptera: Gelechiidae), Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. y Pearson, R.G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28(3): 385-393.
- Manel, S., Williams, H.C. y Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38(5): 921-931.
- Mantilla-Meluk, H., Jiménez-Ortega, A.M., Palacios, L. y Baker, R.J. 2009. Unexpected finding of *Diclidurus ingens*, Hernández-Camacho, 1955 (Chiroptera, Emballonuridae), in the Colombian Biogeographic Chocó. *Mastozoología neotropical* 16: 229-252.
- Martínez-Meyer, E., Townsend Peterson, A. y Hargrove, W.W. 2004. Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene

- extinctions and climate change projections for biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 13(4): 305-314.
- Menéndez-Guerrero, P.A. 2008. Iniciativa Balsa de los Sapos: Identificación de prioridades para la Conservación de Anfibios Ecuatorianos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Informe final presentado a Conservación Internacional-Ecuador, Quito (documento no publicado)
- Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G. y Gil, P.R. 1997. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. Cemex.
- Morueta-Holme, N., Fløjgaard, C. y Svenning, J.C. 2010. Climate Change Risks and Conservation Implications for a Threatened Small-Range Mammal Species. *PLoS ONE* 5(4): e10360.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853-858.
- Myers, P., Lundrigan, B.L., Hoffman, S.M.G., Haraminac, A.P. y Seto, S.H. 2009. Climate induced changes in the small mammal communities of the Northern Great Lakes Region. *Global Change Biology* 15(6): 1434-1454.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T.Y. y Kram, T. 2000. Special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
- Nogueira, M.R., Tavares, V.C. y Peracchi, A.L. 2003. New records of *Uroderma magnirostrum* Davis (Mammalia, Chiroptera) from southeastern Brazil, with comments on its natural history. *Revista Brasileira de Zoologia* 20: 691-697.

- Onore, G. y Bartolozzi, L. 2008. Description of the larvae of *Sphaenognathus* (Chiasognathinus) *guajoni* (Oberthür, 1885) and *S. (C.) xerophilus* Bartolozzi & Onore, 2006 (Coleoptera: Lucanidae), with observations about their altitudinal range extention, p. 339-406. En: Biodiversity in South America I. Memoirs on Biodiversity (P.M. Giachino eds) World biodiversity association onlus, Verona.
- Ortega-Huerta, M.A. y Peterson, A.T. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10(1): 39-54.
- Ostendorf, B., Hilbert, D.W. y Hopkins, M.S. 2001. The effect of climate change on tropical rainforest vegetation pattern. *Ecological modelling* 145(2-3): 211-224.
- Parmesan, C. 2005. Biotic Response: Range and Abundance Changes. En: *Climate Change and Biodiversity* (T.E. Lovejoy y L. Hannah eds) Yale University, Ann Arbor.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637-69.
- Parmesan, C. y Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421(6918): 37-42.
- Patterson, B.D., Meserve, P.L. y Lang, B.K. 1989. Distribution and abundance of small mammals along an elevational transect in temperate rainforests of Chile. *Journal of Mammalogy* 70(1): 67-78.
- Patz, J.A., Epstein, P.R., Burke, T.A. y Balbus, J.M. 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. *Jama* 275(3): 217.
- Pearson, R.G. 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. Available at <http://ncep.amnh.org>.

- Pearson, R.G. y Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12(5): 361-371.
- Peterson, A.T., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Bartley, J., Buddemeier, R.W. y Navarro-Sigüenza, A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological modelling* 144(1): 21-30.
- Peterson, A.T., Tian, H., Martínez-Meyer, E., Soberón, J., Sánchez-Cordero, V. y Huntley, B. 2005. Modeling Distributional Shifts of Individual Species and Biomes. En: *Climate Change and Biodiversity* (Y. University eds), Ann Arbor.
- Phillips, S.J. 2008. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling: a response to Peterson et al.(2007). *Ecography* 31(2): 272-278.
- Phillips, S.J. y Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2): 161-175.
- Phillips, S.J., Dudík, M. y Schapire, R.E. 2004. A Maximum Entropy approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. Banff, Canada
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy Modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3-4): 231-259.
- Porter, W.P., Budaraju, S., Stewart, W.E. y Ramankutty, N. 2000. Calculating climate effects on birds and mammals: impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. *Integrative and Comparative Biology* 40(4): 597.
- Pounds, A., Fogden, M. y Masters, K. 2005. Responses of Natural Communities to Climate Change in a Highland Tropical Forest. En: *Climate Change and Biodiversity* (T.E. Lovejoy y L. Hannah eds) Yale University, Ann Arbor.

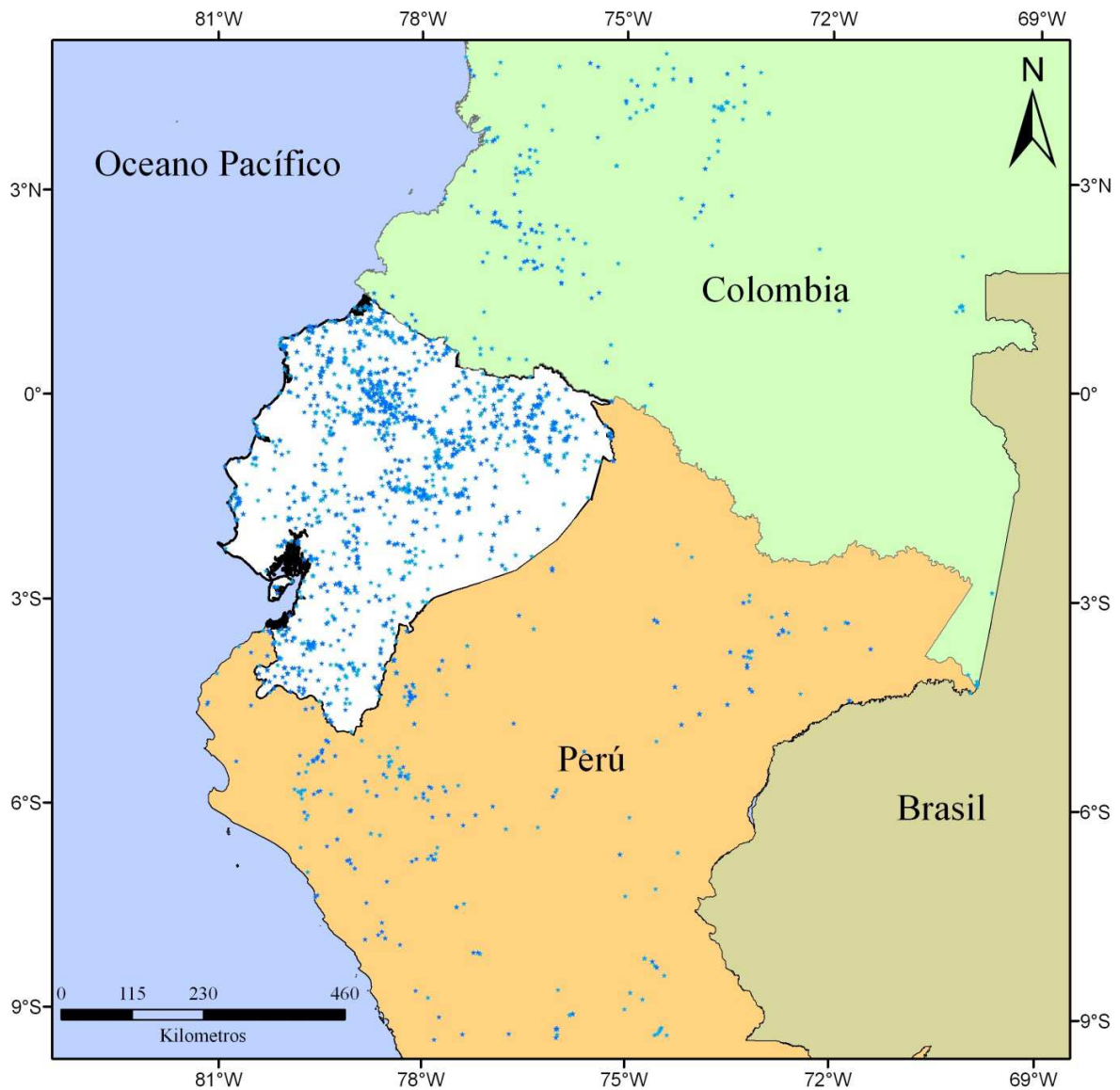
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A. y Puschendorf, R. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439(7073): 161-167.
- Primack, R.B. 2002. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland. Links.
- Ramirez, J. y Jarvis, A. 2008 High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces (En línea) International Centre for Tropical Agriculture, CIAT. [fecha de acceso Diciembre 1 de 2009]. Disponible en <<http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMPPage/>>
- Ron, S.R., Duellman, W.E., Coloma, L.A. y Bustamante, M.R. 2003. Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37(1): 116-126.
- Ron, S.R., Guayasamín, J.M., Coloma, L.A. y Menéndez-Guerrero, P.A. en prensa. Status and decline of amphibians of Ecuador. En: *Amphibian Biology. Decline and Conservation* vol. IX (H. Heatwole y J.W. Wilkinson eds) Surrey Beaty & Sons Pty. Ltd., Australia.
- Sanchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., Sarkar, S. y Peterson, A.T. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126(4): 465-473.
- Sattler, T., Bontadina, F., Hirzel, A.H. y Arlettaz, R.E.L. 2007. Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. *Journal of Applied Ecology* 44(6): 1188-1199.
- Sierra, R. 1999a. *Vegetación remanente del Ecuador Continental. Circa 1996. 1: 1,000,000*. Proyecto INEFAN/GEF and Wildlife Conservation Society, Quito, Ecuador.
- Sierra, R. 1999b. *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia*, Quito, Ecuador.

- Sierra, R., Campos, F. y Chamberlin, J. 1999. Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental: un estudio basado en la biodiversidad de ecosistemas y su ornitofauna.
- Sierra, R., Campos, F. y Chamberlin, J. 2002. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning* 59(2): 95-110.
- Smith, R.L. y Smith, T.M. 2001. *Ecología*. 4ta Edición. Pearson Educación, Madrid.
- Solomon, S. 2007. *Climate Change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ Pr.
- Stockwell, D.R.B. y Peterson, A.T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological modelling* 148(1): 1-13.
- Terblanche, J.S., Clusella-Trullas, S., Deere, J.A. y Chown, S.L. 2008. Thermal tolerance in a south-east African population of the tsetse fly *Glossina pallidipes* (Diptera, Glossinidae): Implications for forecasting climate change impacts. *Journal of insect physiology* 54(1): 114-127.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A. y Hannah, L. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427(6970): 145-148.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Sykes, M.T. y Araújo, M.B. 2006. Using niche-based modelling to assess the impact of climate change on tree functional diversity in Europe. *Diversity and Distributions* 12(1): 49.

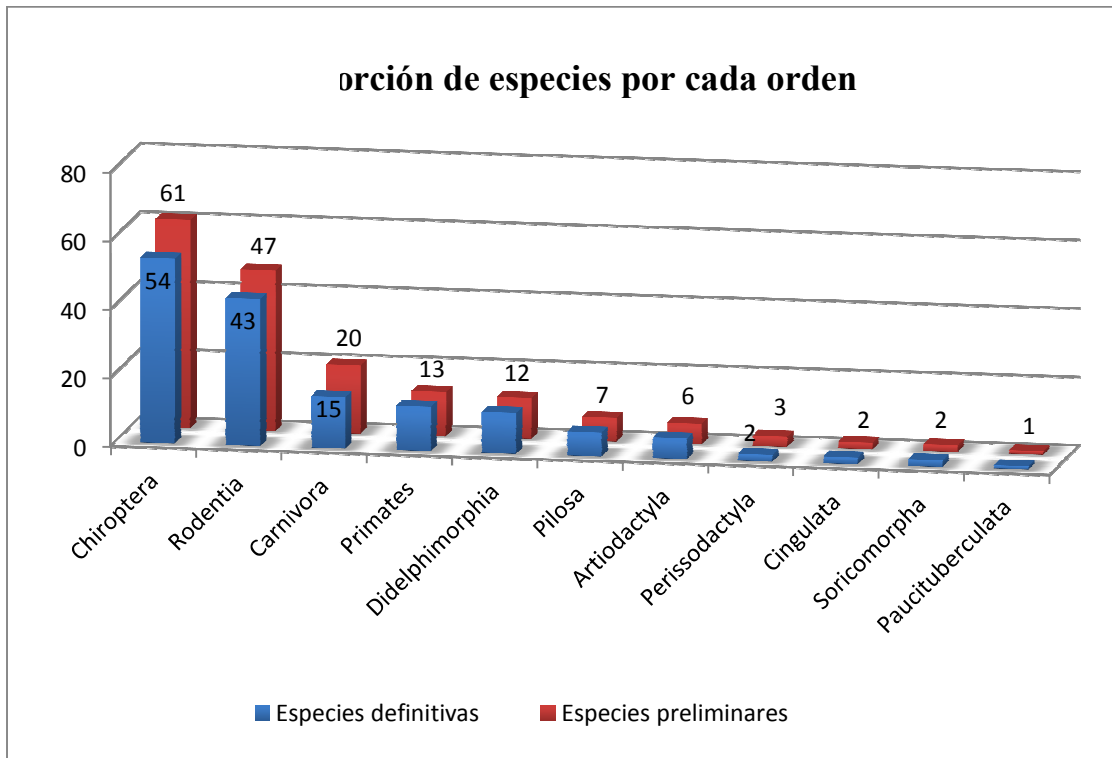
- Thuiller, W., Lavorel, S., Midgley, G., Lavergne, S. y Rebelo, T. 2004. Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for 88 *Leucadendron* taxa. *Ecology* 85(6): 1688-1699.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T. y Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(23): 8245.
- Tirira, D. 1995-2010. Red Noctilio, Base de información no publicada sobre los mamíferos del Ecuador, Murciélago Blanco (documento no publicado)
- Tirira, D. 2007. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6, Quito. 576 pp.
- Tirira, D. 2010 Mamíferos del Ecuador: diversidad (En línea) Ediciones: Murciélago Blanco. [fecha de acceso Septiembre de 2010]. Disponible en <[www.mamiferosdeecuador.com](http://www.mamiferosdeecuador.com)>
- Trivedi, M.R., Berry, P.M., Morecroft, M.D. y Dawson, T.P. 2008. Spatial scale affects bioclimate model projections of climate change impacts on mountain plants. *Global Change Biology* 14(5): 1089-1103.
- UNEP y WCMC 2005. Indicadores de Biodiversidad para Uso Nacional (Proyecto BINU). World Conservation Monitoring Centre Fundación EcoCiencia y Ministerio del Ambiente, Quito.
- Vera, C., Silvestri, G., Liebmann, B. y González, P. 2006. Climate change scenarios for seasonal precipitation in South America from IPCC-AR4 models. *Geophysical Research Letters* 33(13): L13707.
- Wieczorek, J. 2001. MaNIS: Georeferencing Guidelines. University of California, Berkeley–MaNIS.[cited 26 January 2004] 37.

Zunino, M. y Zullini, A. 2003. Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución. Fondo de la Cultura Económica. México DC, México.

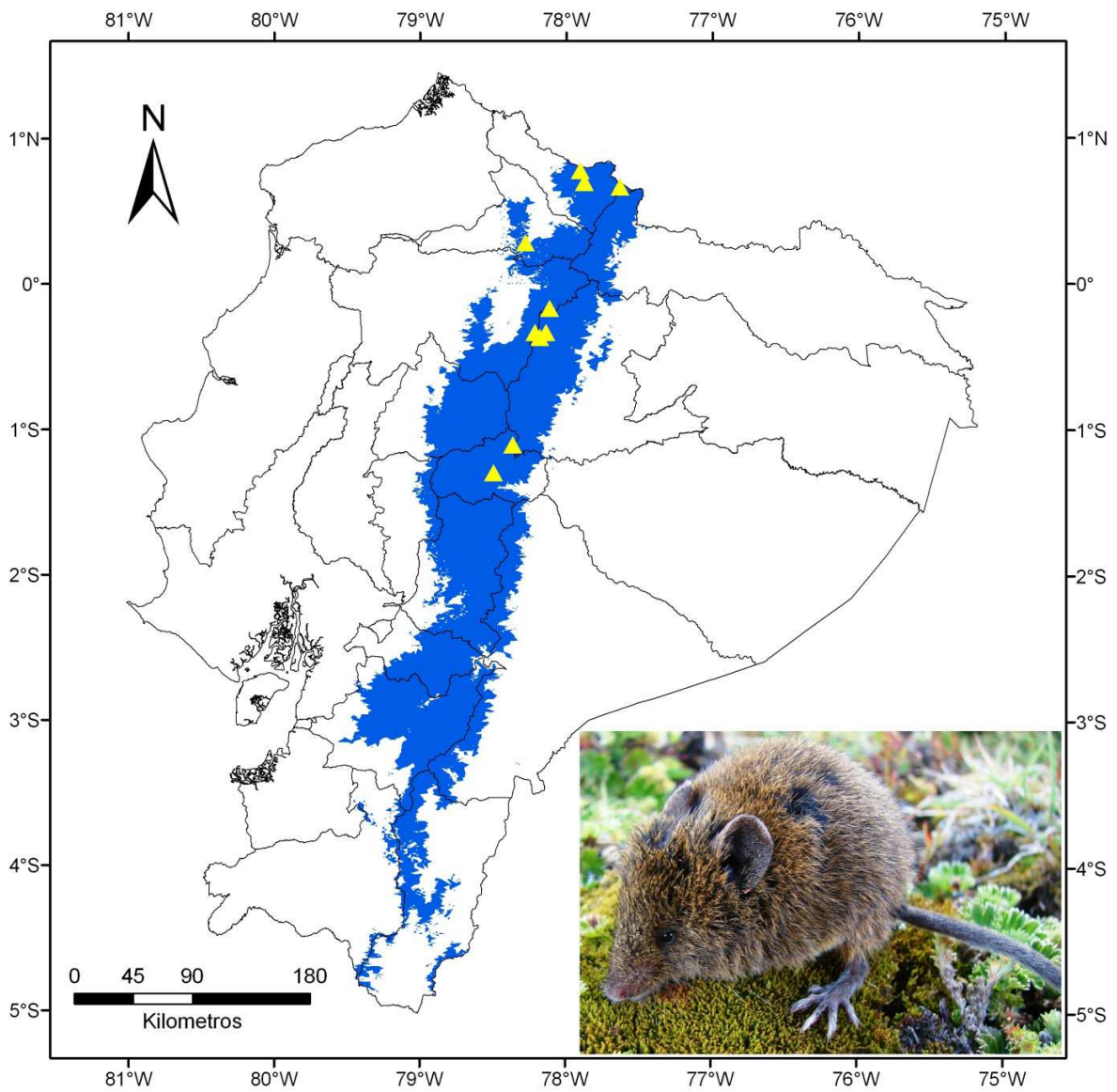
## 8. FIGURAS



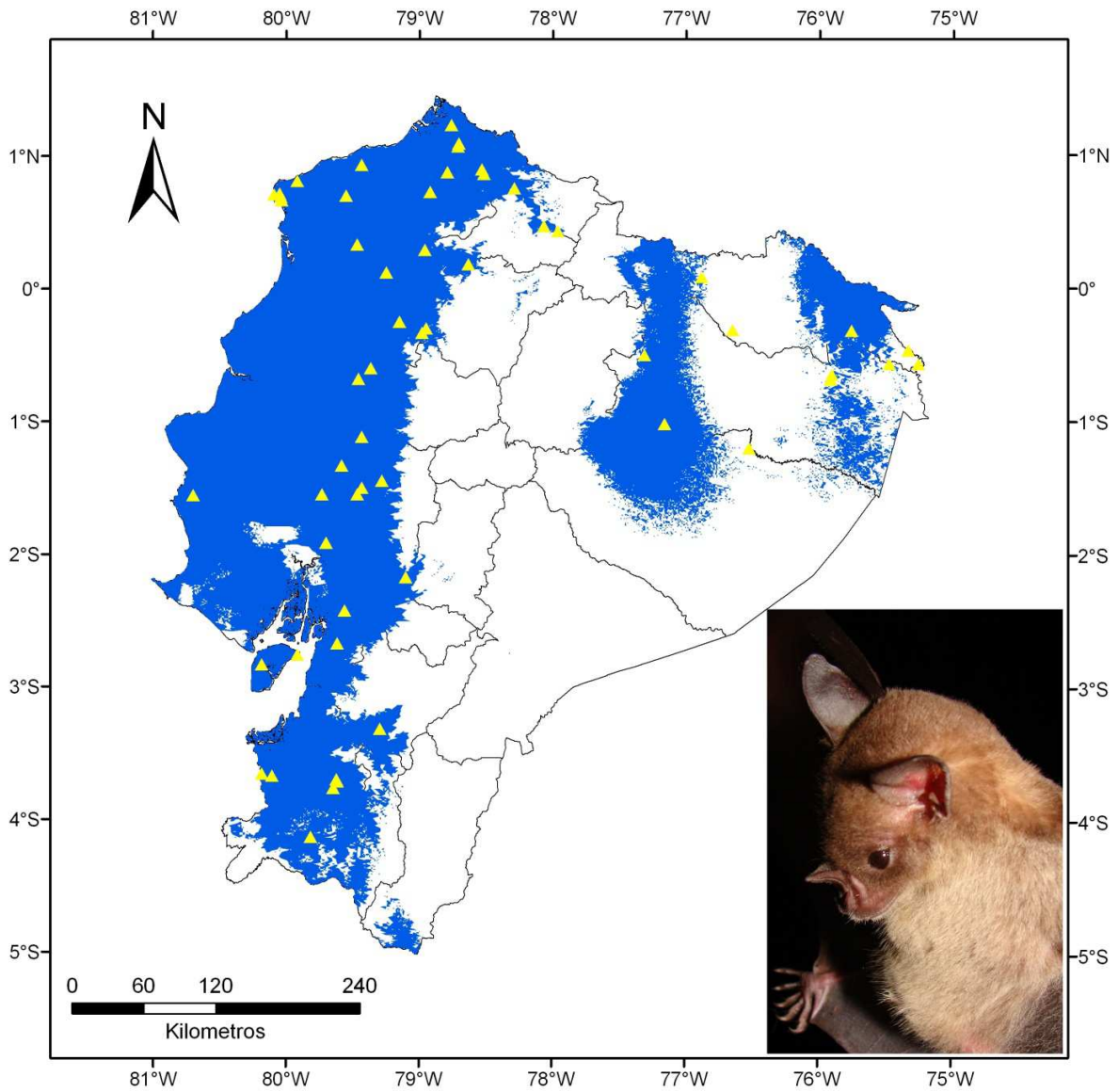
**Figura 1.** Mapa que representa el área total de estudio y los puntos de ocurrencia usados para predecir la distribución potencial de las especies.



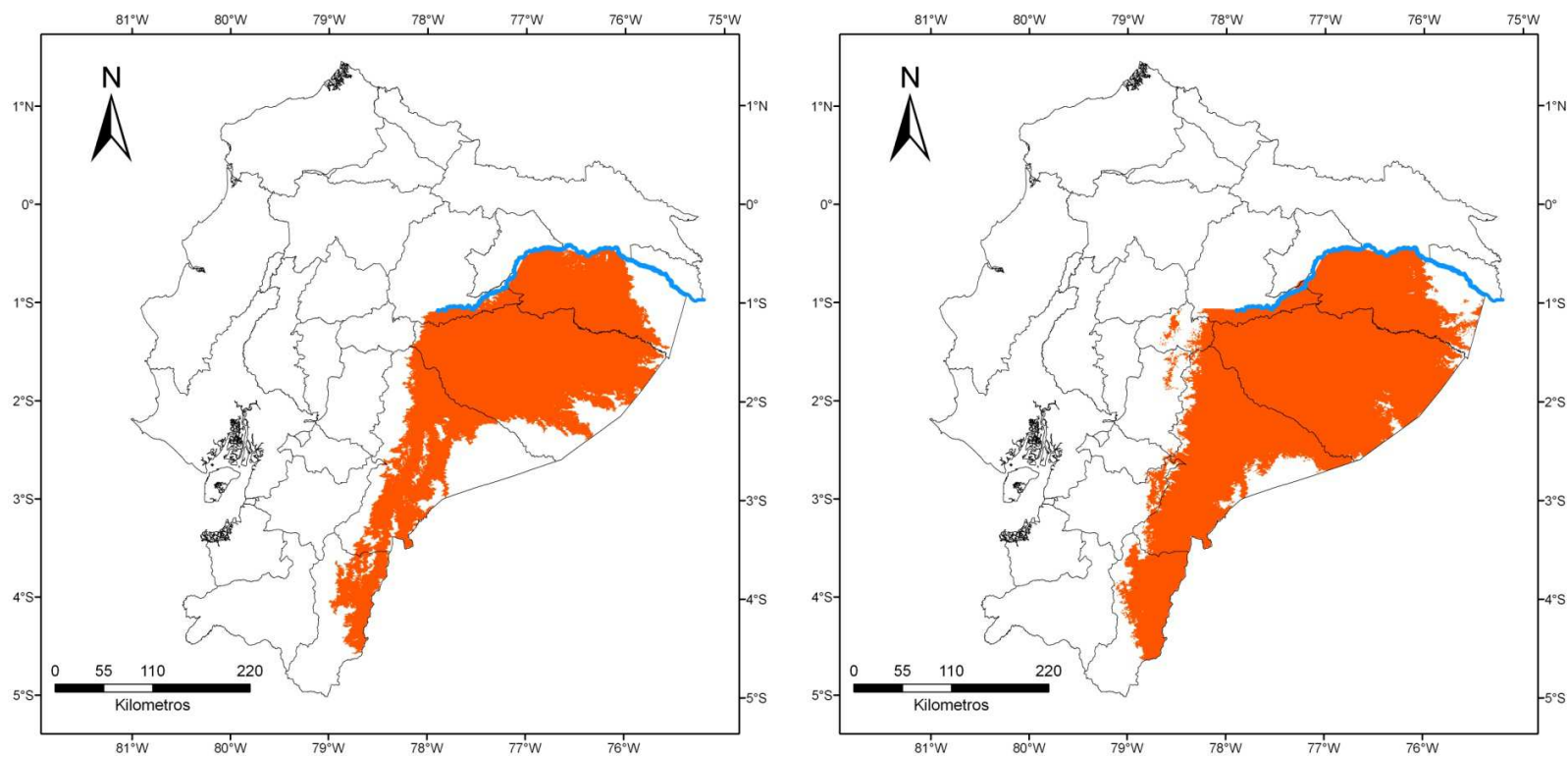
**Figura 2.** Proporción de especies por cada orden en la selección preliminar y definitiva de especies.



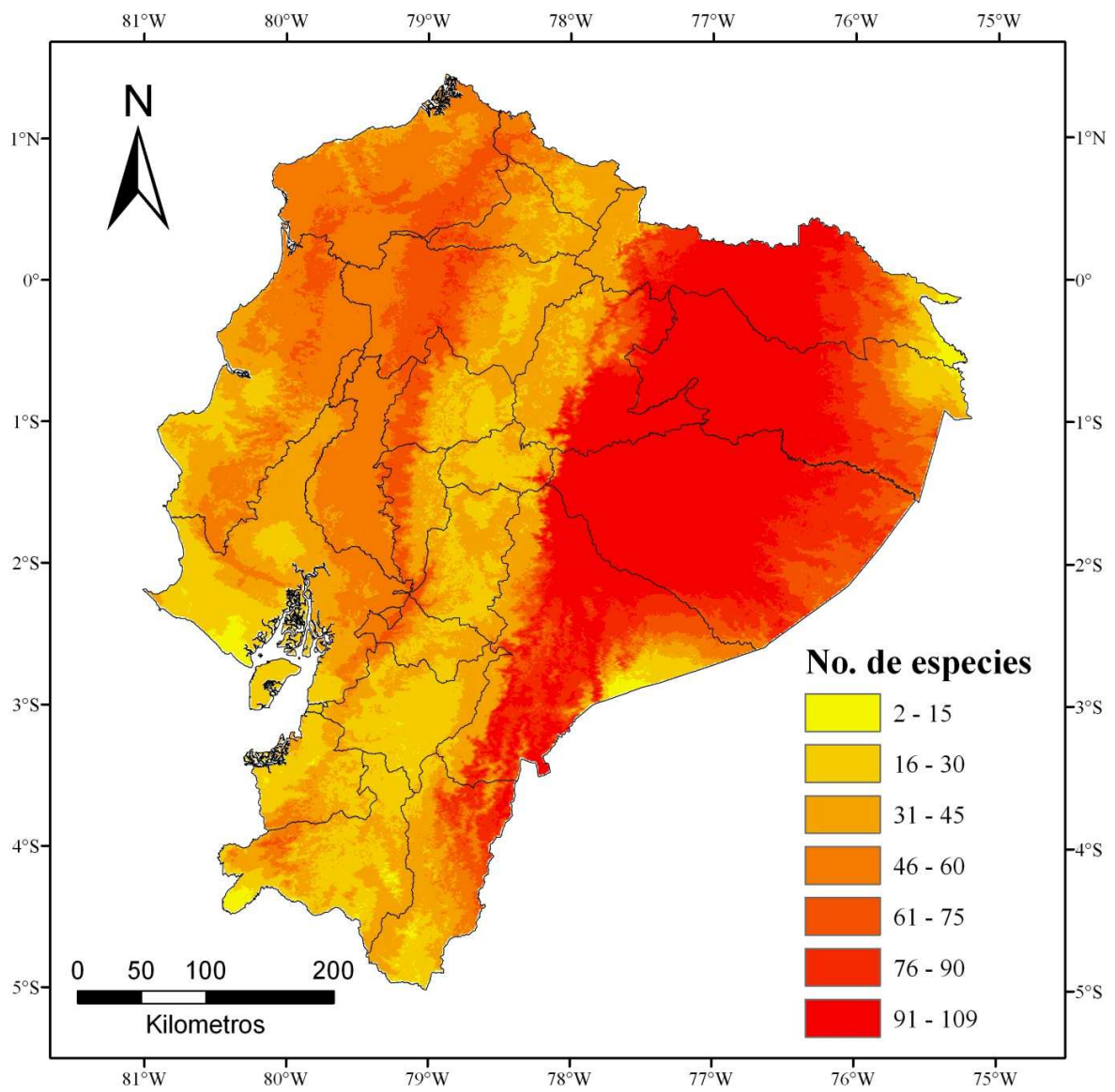
**Figura 3.** Mapa de distribución de *Akodon latebricola* (Rodentia: Cricetidae), eliminado para el análisis debido a una sobre-predicción en la distribución



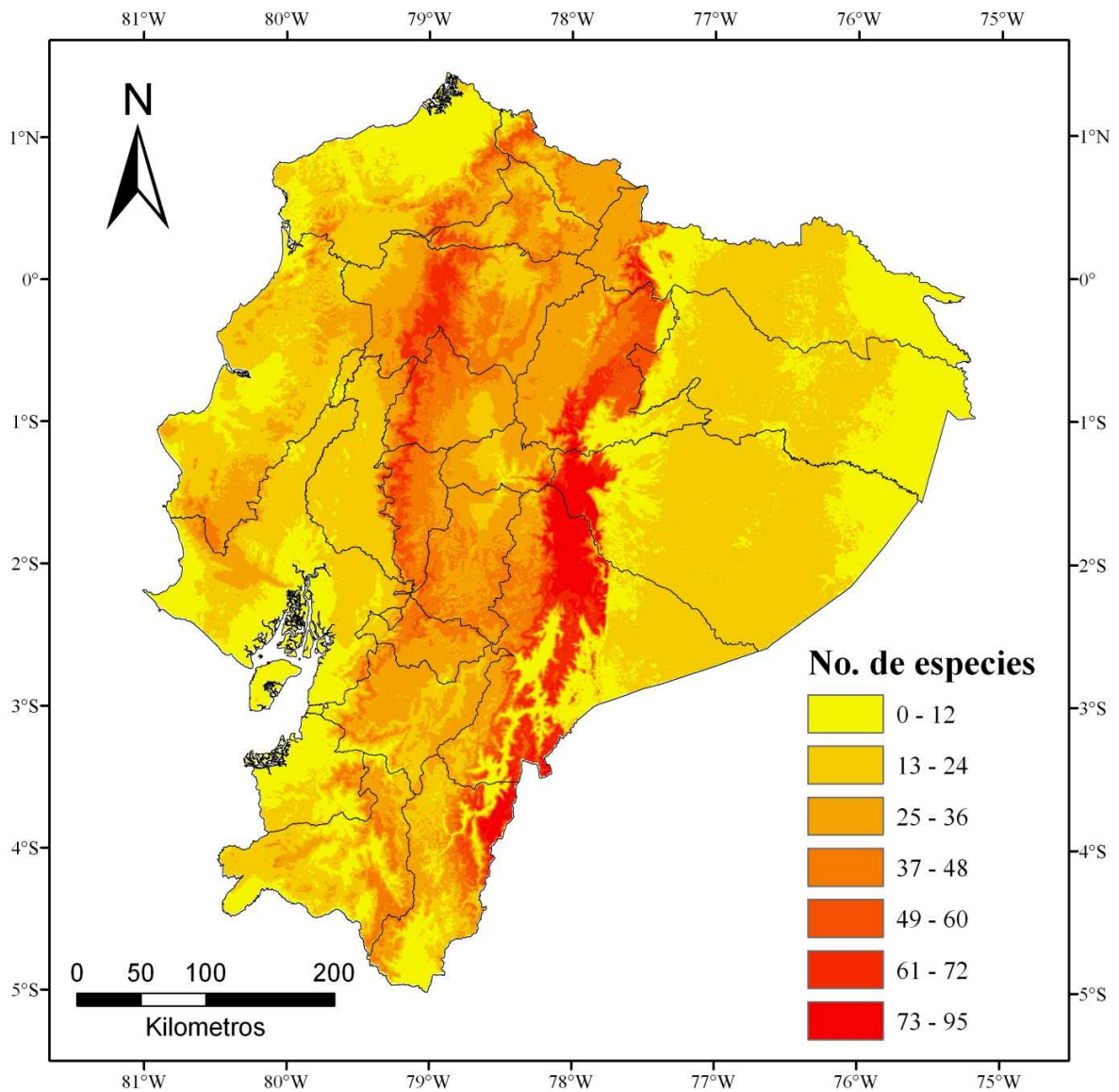
**Figura 4.** Mapa de distribución de *Phyllostomus discolor* (Chiroptera: Phyllostomidae) eliminado para el análisis debido a una predicción errada de su distribución.



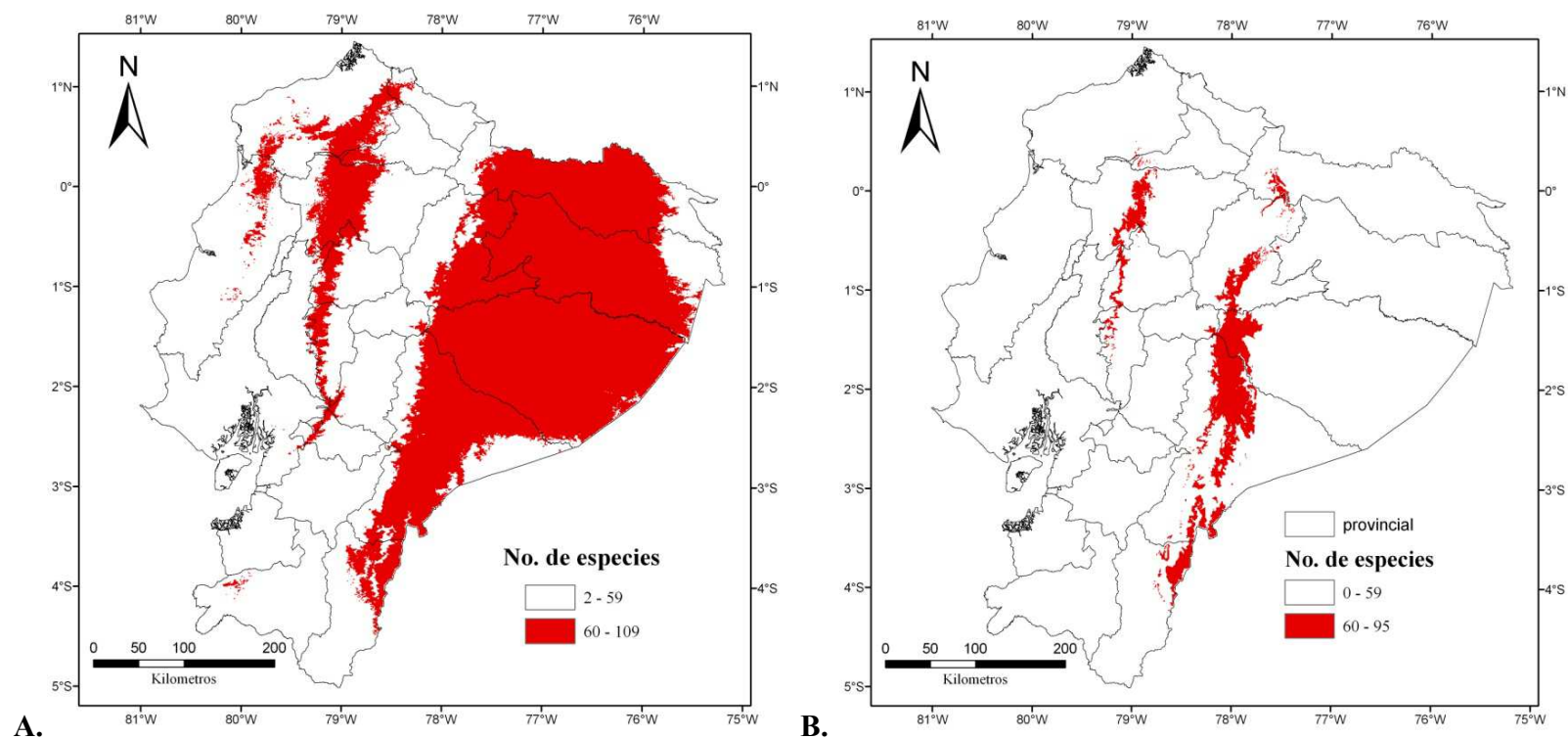
**Figura 5.** Mapas de distribución de A) *Lagothrix poeppigii* (Primates: Atelidae) y B) *Ateles belzebuth* (Primates: Atelidae) utilizando el río Napo como límite de corte al ser una barrera geográfica conocida para su distribución.



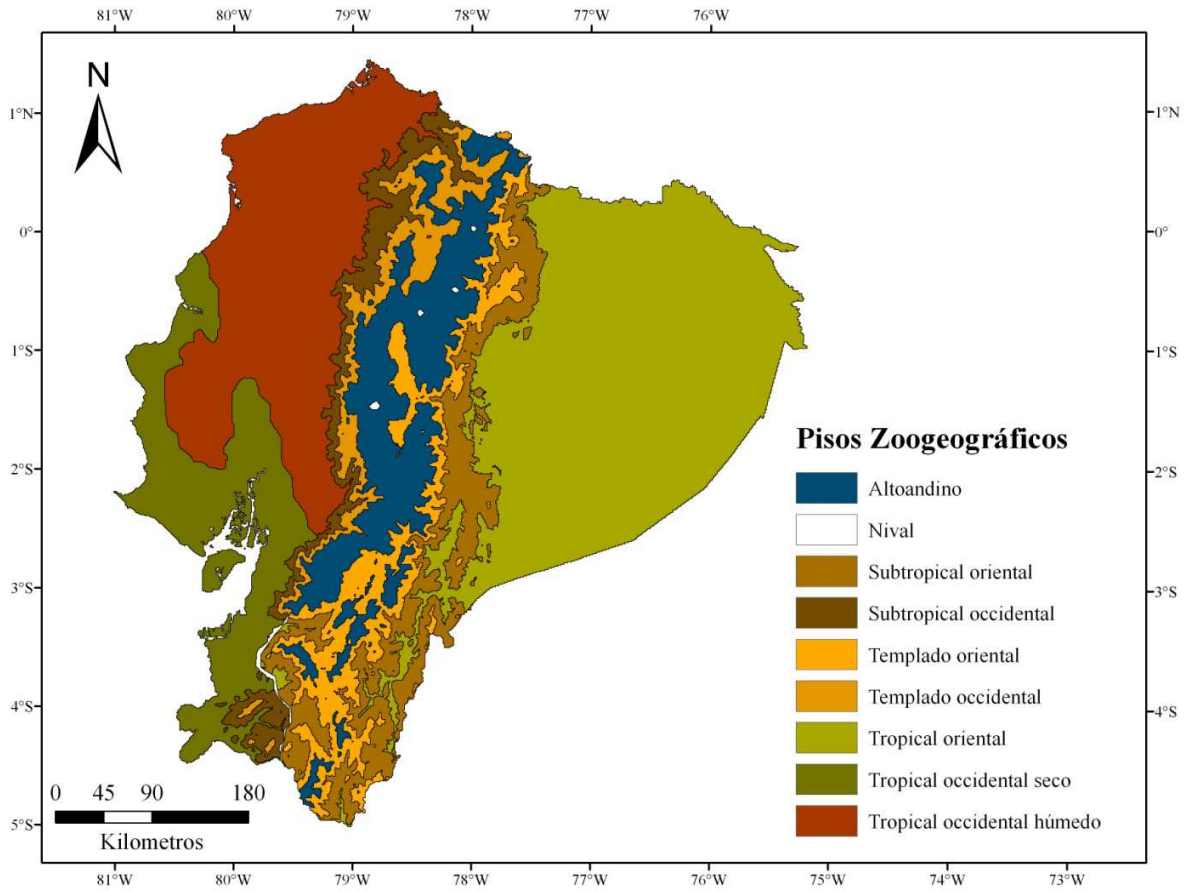
**Figura 6.** Mapa de riqueza actual (1950 – 2000) de mamíferos del Ecuador.



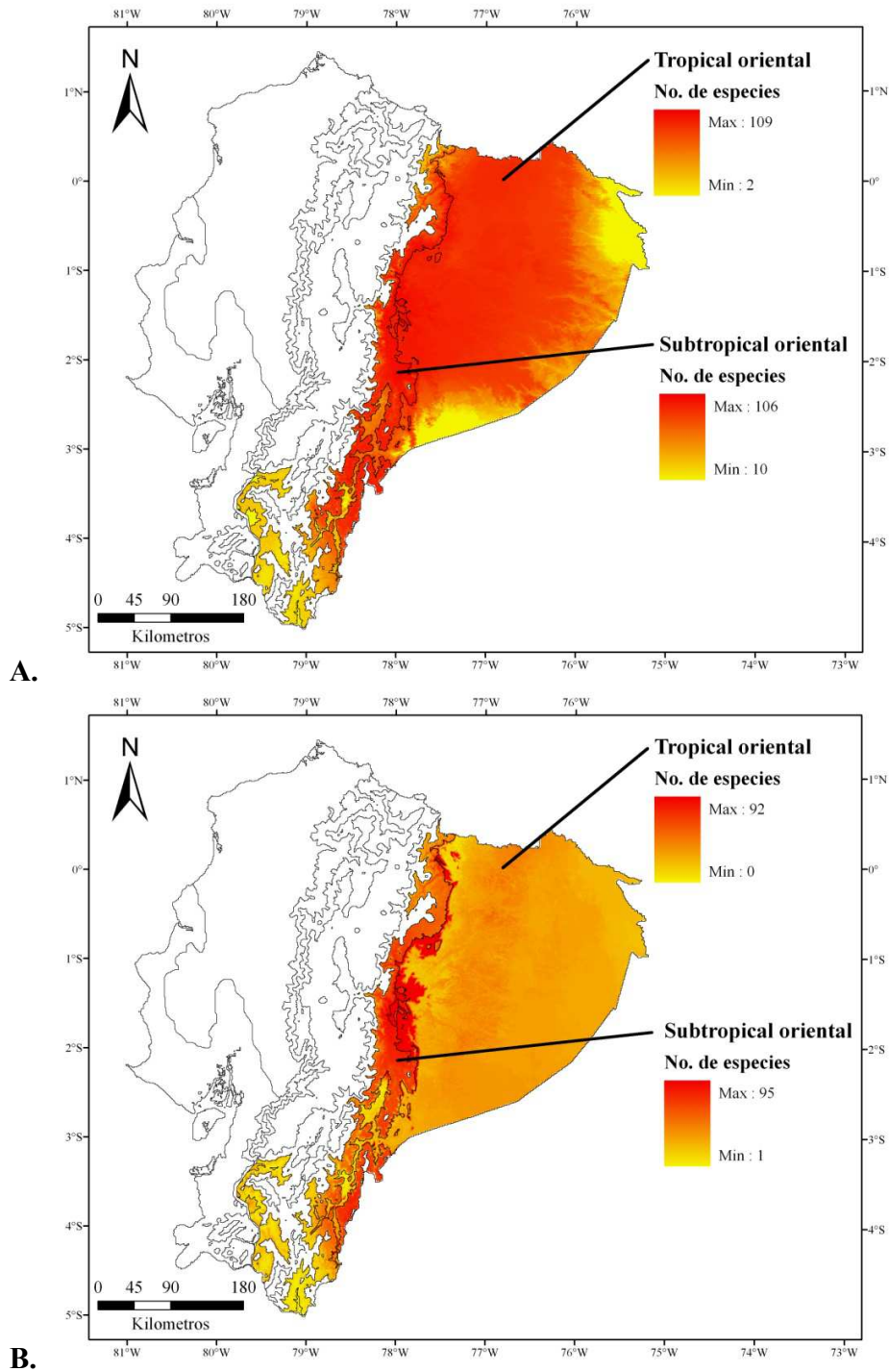
**Figura 7.** Mapa de riqueza de mamíferos del Ecuador hacia el 2080.



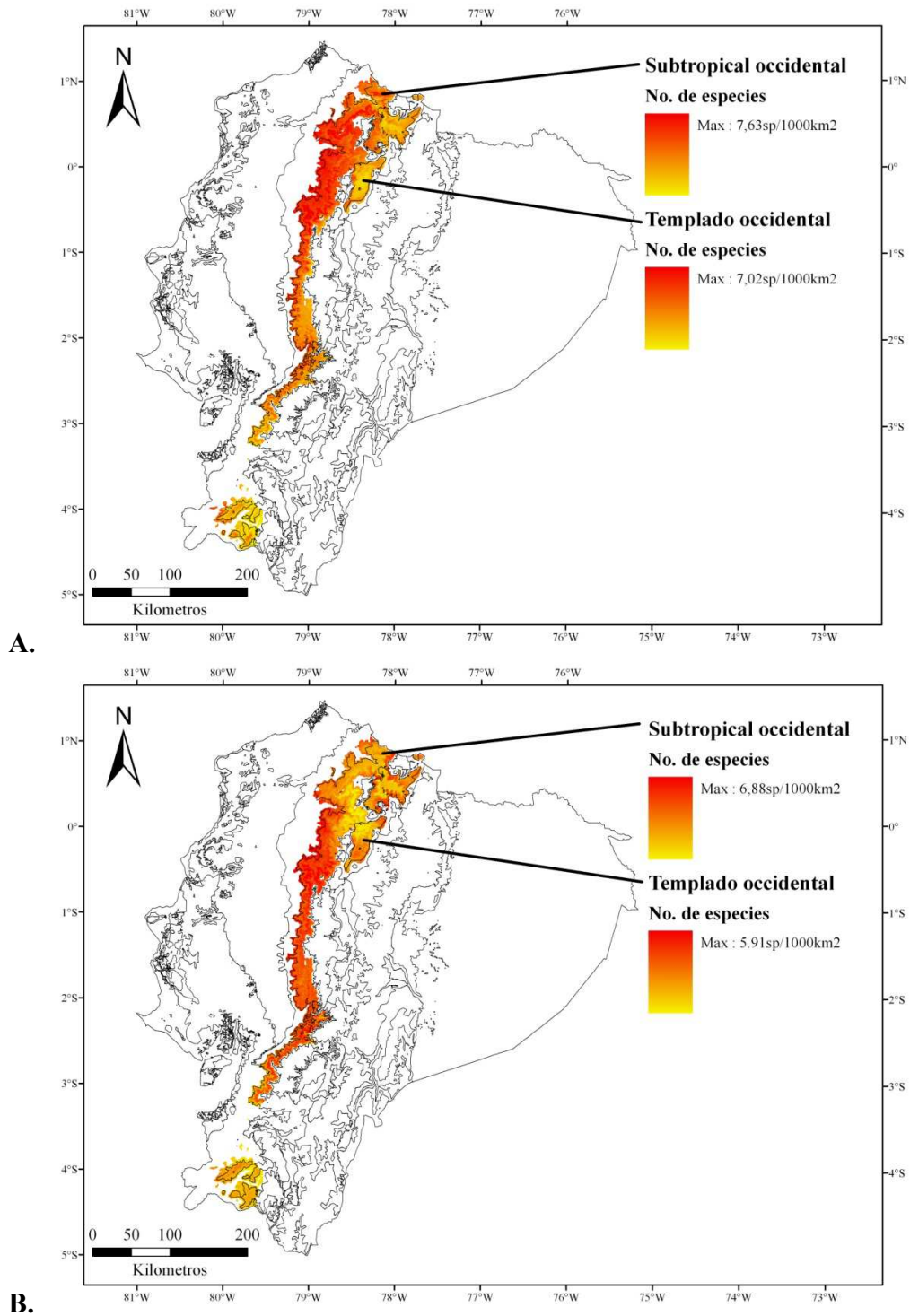
**Figura 8.** Los mapas muestran las zonas donde coexisten al menos 60 especies de mamíferos incluidas en el estudio. A) Actualidad y B) 2080.



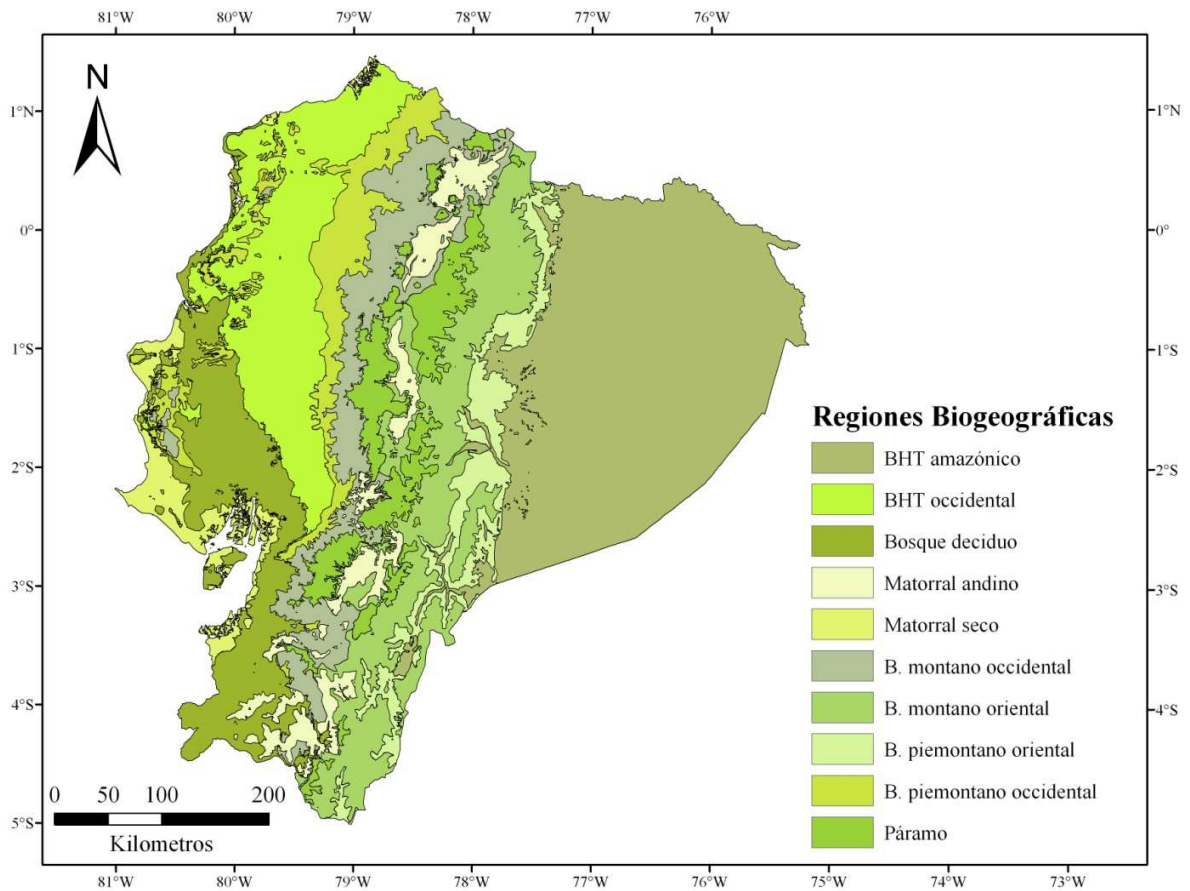
**Figura 9.** División de pisos zoogeográficos según Tirira (2007).



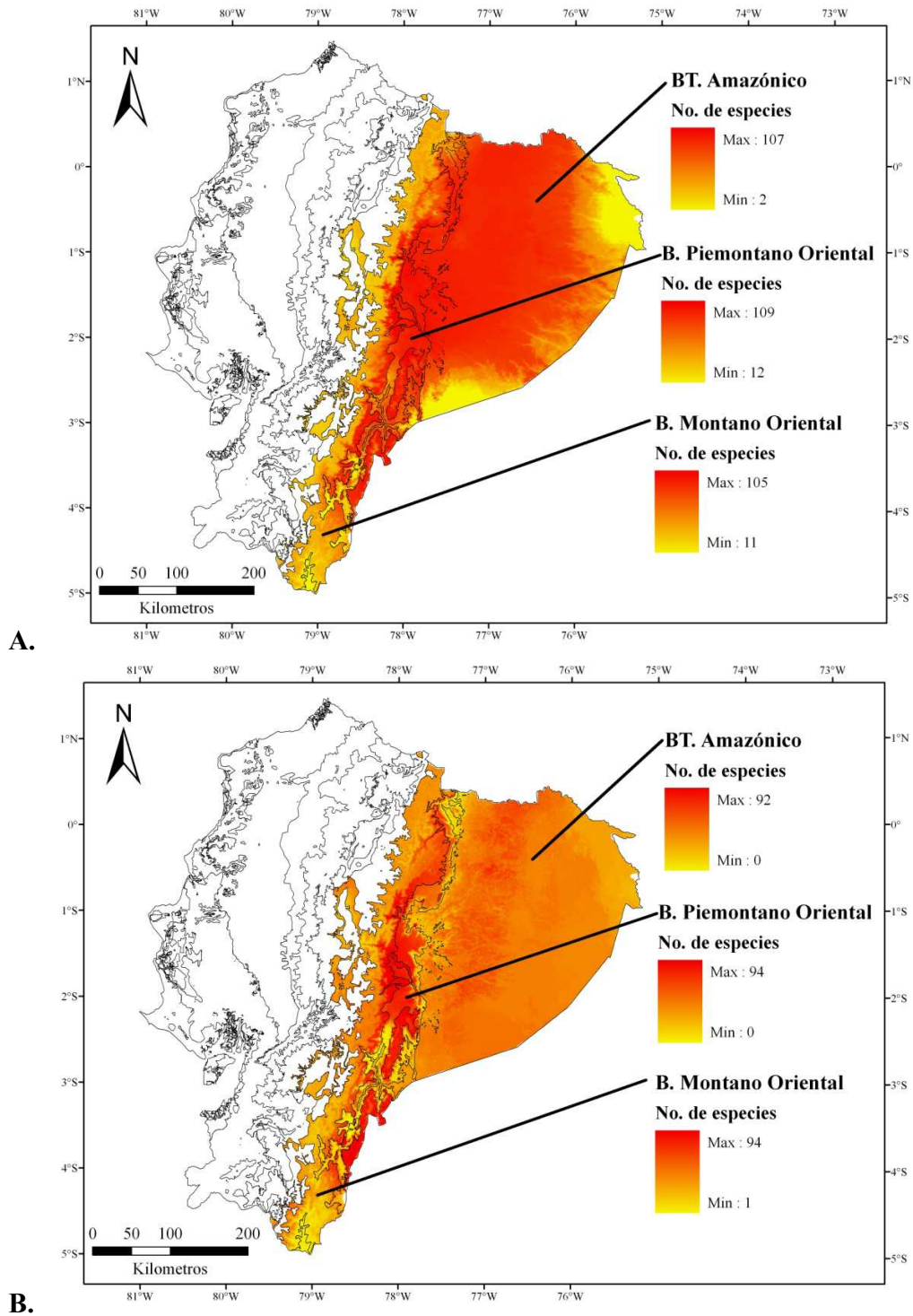
**Figura 10.** Diversidad de especies en los pisos zoogeográficos *Tropical oriental* y *Subtropical oriental*. A) Actualidad; B) 2080



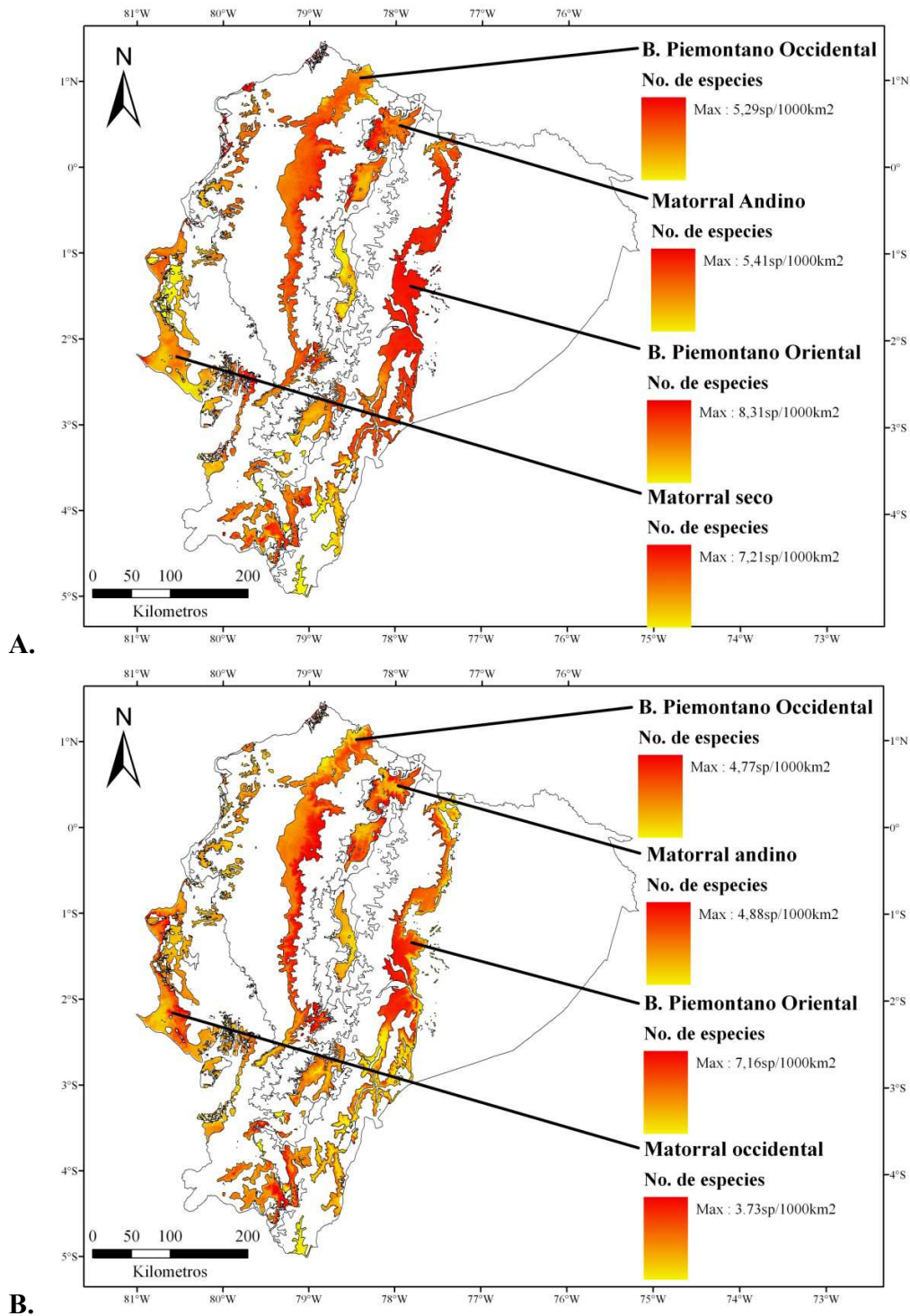
**Figura 11.** Diversidad de especies en los pisos zoogeográficos *Subtropical occidental* y *Templado occidental*. A) Actualidad; B) 2080.



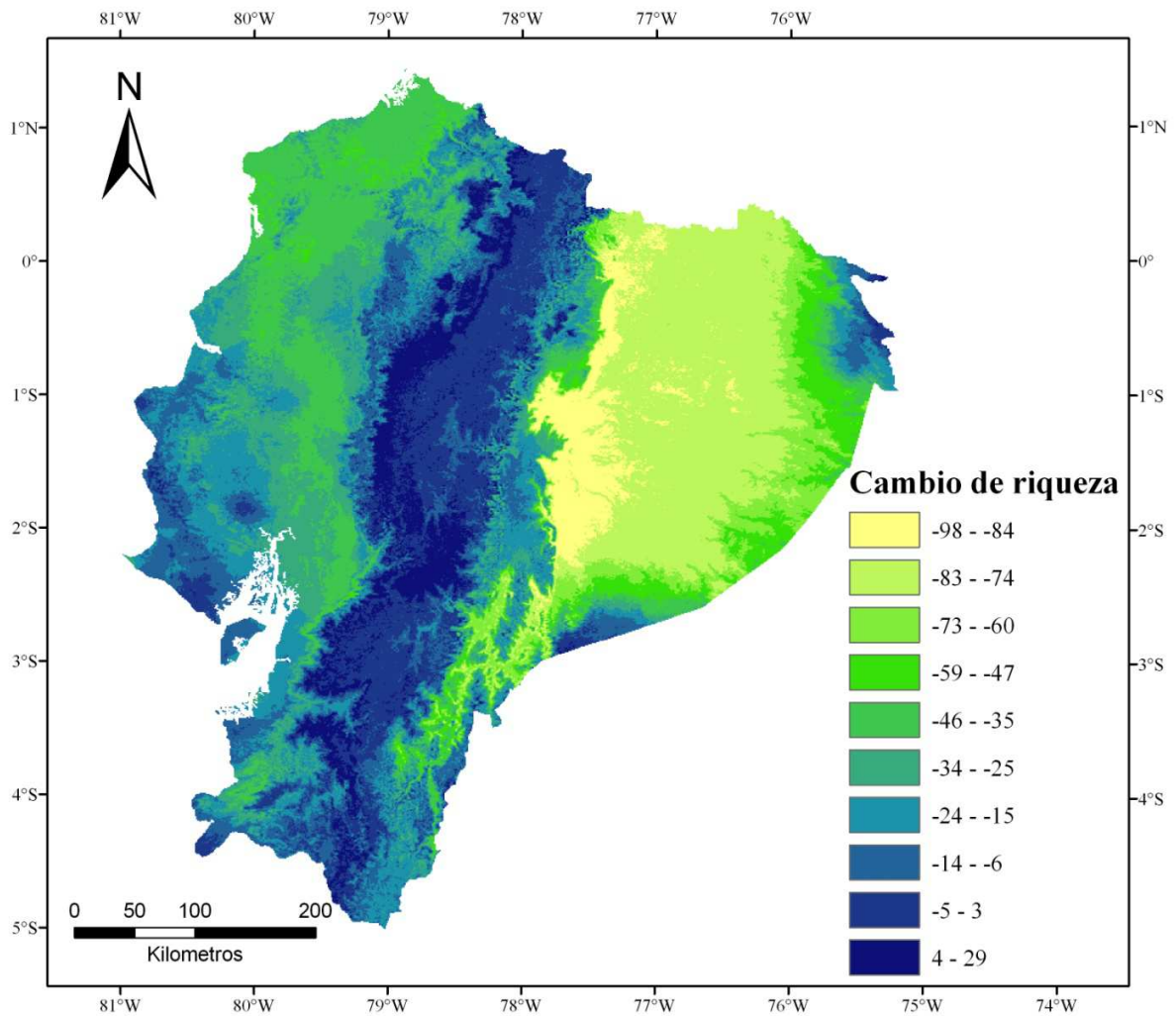
**Figura 12.** Mapa de regiones biogeográficas del Ecuador según Sierra (1999b); una simplificación de Ron y colaboradores (en prensa).



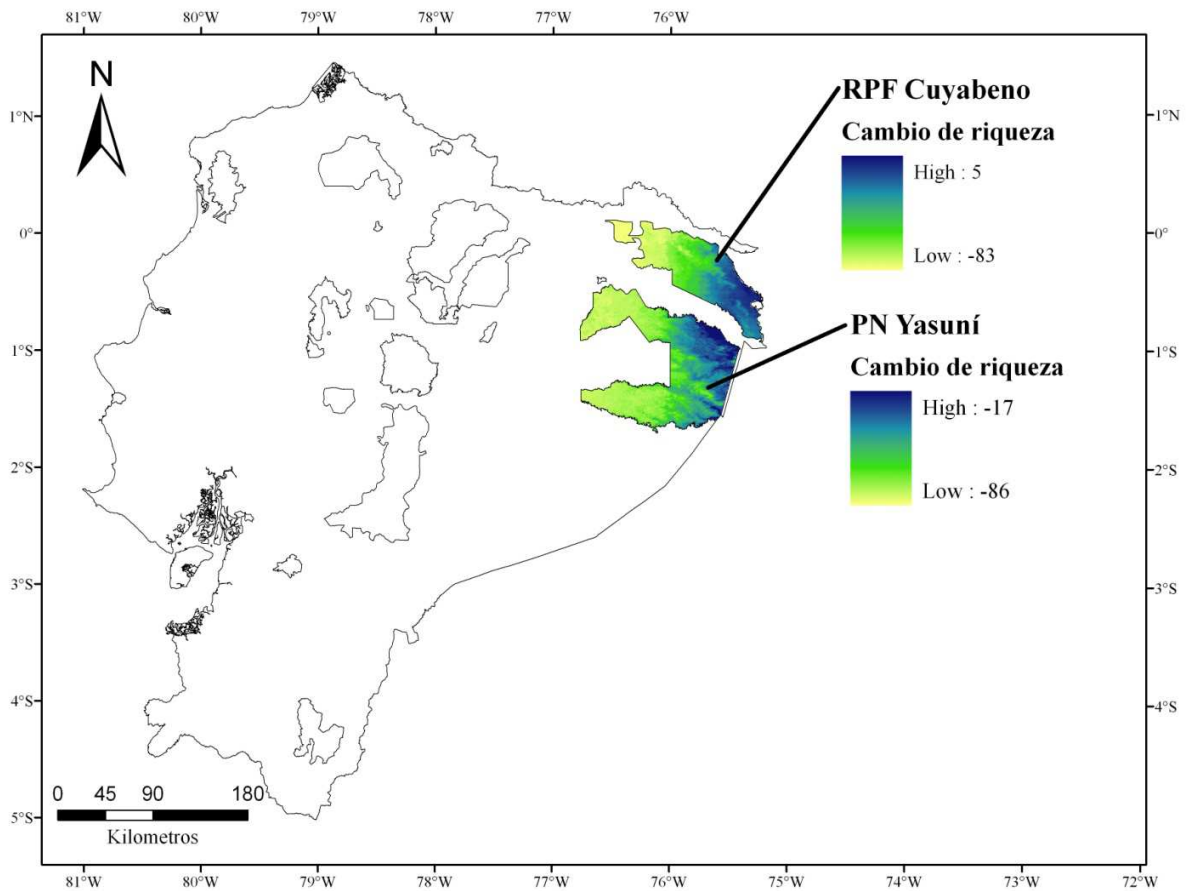
**Figura 13.** Mapa de diversidad de especies en las tres regiones biogeográficas con mayor diversidad absoluta: *Bosque Tropical Amazónico*, *Bosque Piemontano Oriental* y *Bosque Montano Oriental*. A) Actual, B) 2080.



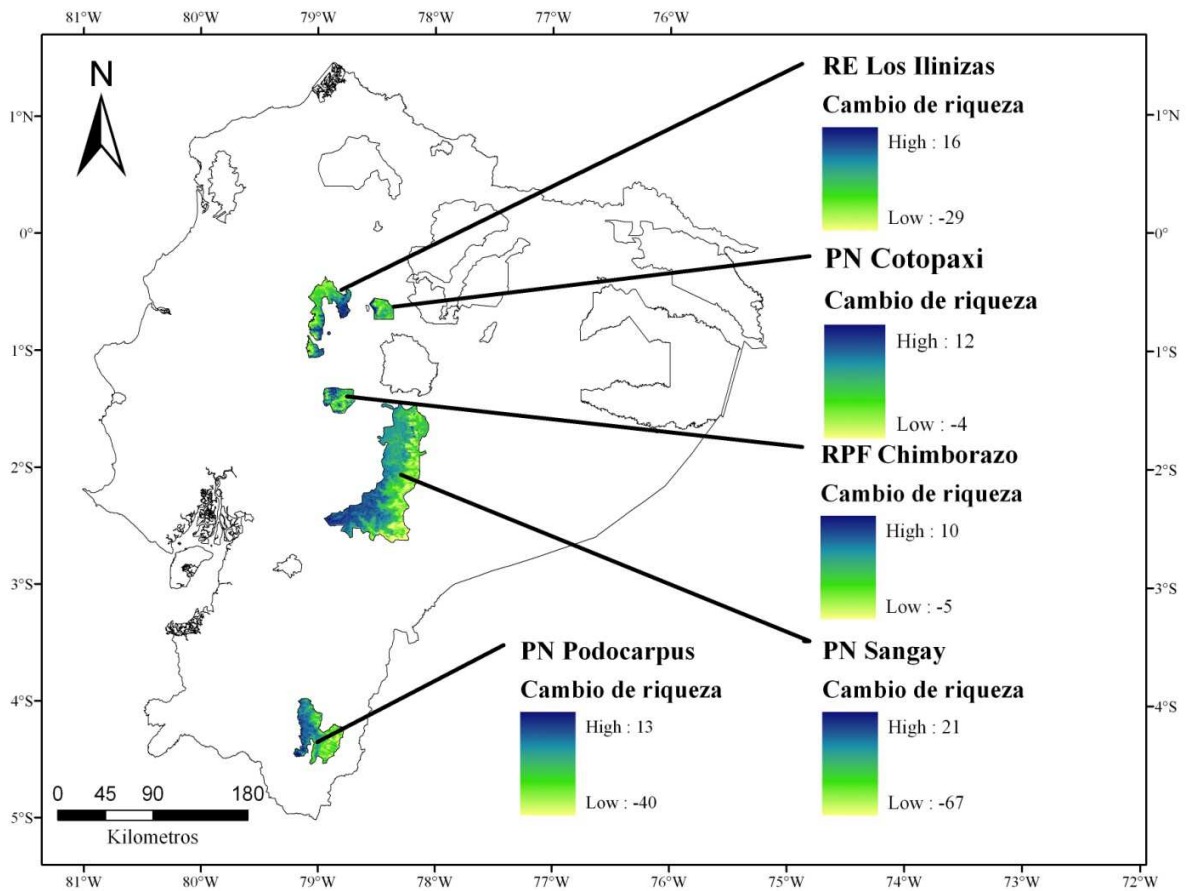
**Figura 14.** Mapa de diversidad de especies en las regiones biogeográficas con mayor diversidad relativa: *Bosque piemontano occidental*, *Bosque piemontano oriental*, *Matorral andino* y *Matorral seco*. A) Actual, B) 2080.



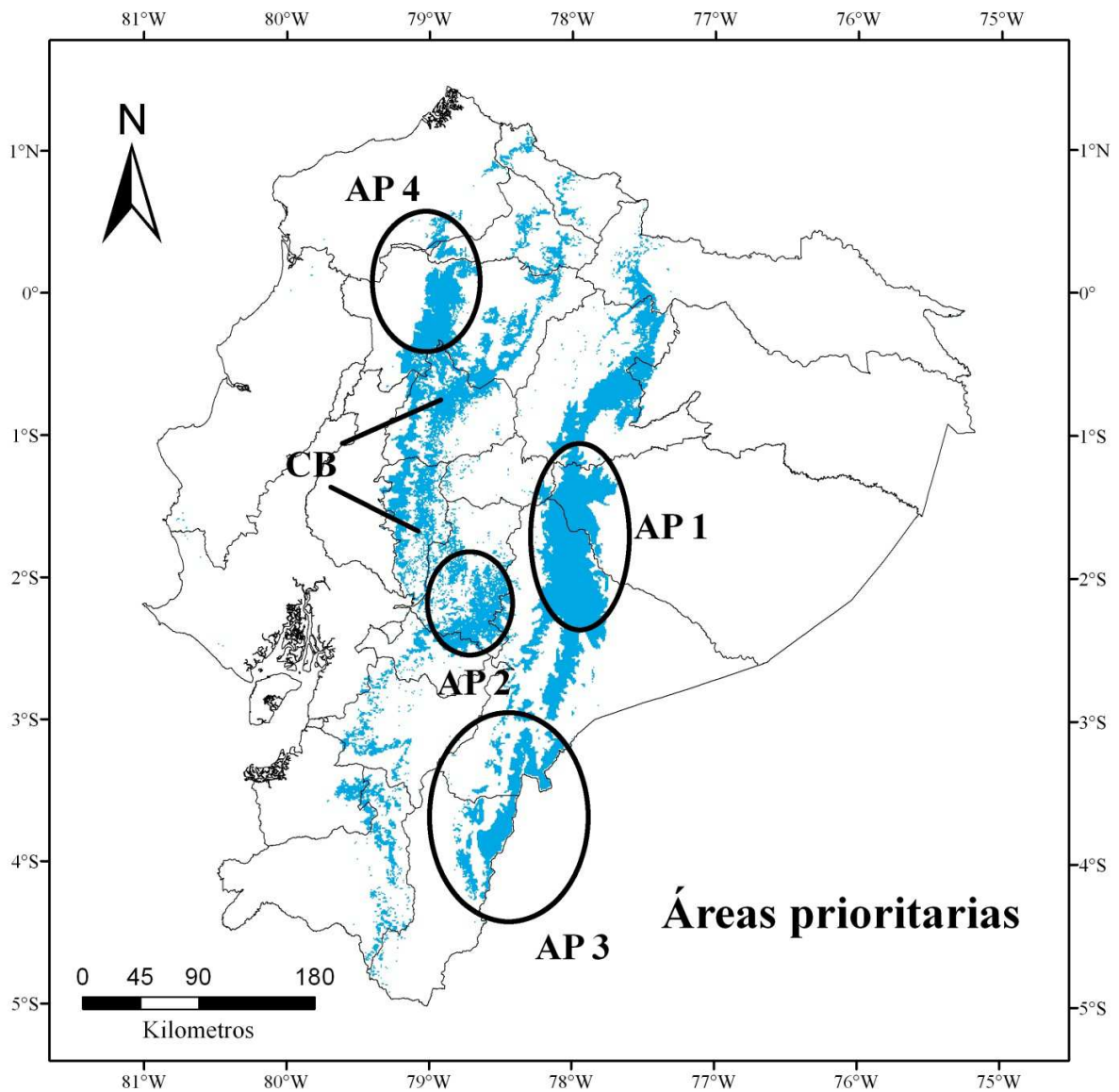
**Figura 15.** Mapa cambio de riqueza de especies (en valores absolutos) como consecuencia del cambio climático. Los valores se obtienen de restar los valores individuales de la riqueza potencial del 2080 de aquellos de la riqueza potencial actual.



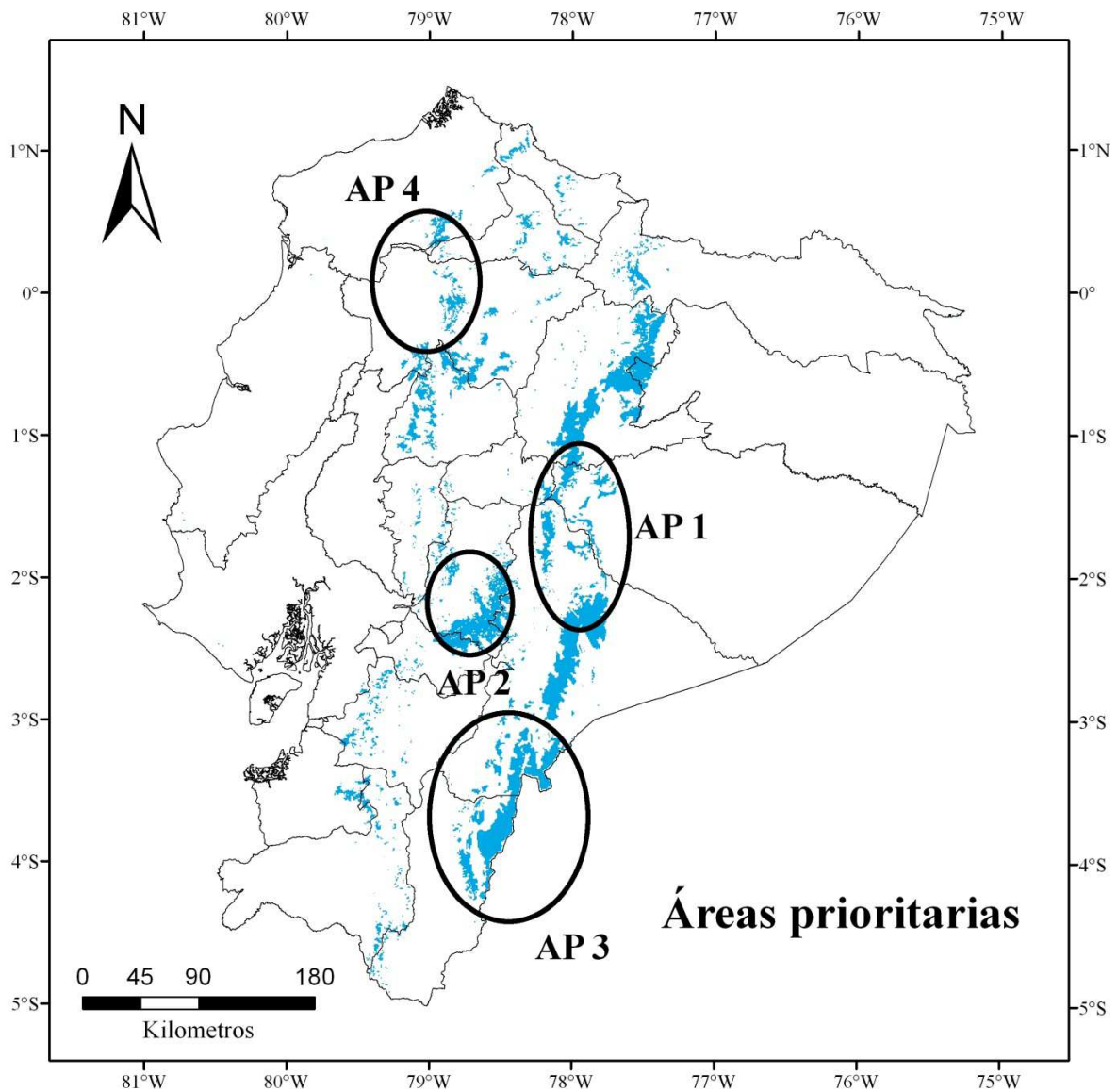
**Figura 16.** Cambio de riqueza de especies (en valores absolutos) en el PN Yasuní y en la RPF Cuyabeno. Los valores se obtienen de restar los valores individuales de la riqueza potencial del 2080 de aquellos de la riqueza potencial actual.



**Figura 17.** Cambio de riqueza de las áreas protegidas que en términos absolutos ganan especies. Los valores se obtienen de restar los valores individuales de la riqueza potencial del 2080 de aquellos de la riqueza potencial actual.



**Figura 18.** Propuesta de cuatro áreas prioritarias para conservar y de un corredor biológico (CB) que conecte áreas actualmente protegidas.



**Figura 19.** Zonas intervenidas eliminadas para la propuesta de áreas prioritarias para conservar y el corredor biológico. Se observa claramente que la propuesta de corredor biológico quedaría eliminada debido al hábitat intervenido.

## 9. TABLAS

**Tabla 1.** Valores de AUC de las especies de las cuales se obtuvo modelos de baja precisión. Se muestra los valores de AUC para cada repetición y los valores promedio.

Especie	Valor de AUC por repetición														Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Chrotopterus auritus</i>	0,87	0,79	<b>0,67</b>												0,76
<i>Lonchophylla handleyi</i>	<b>0,71</b>	0,79	0,80	0,83	0,80	<b>0,67</b>	<b>0,31</b>								0,70
<i>Tadarida brasiliensis</i>	0,94	<b>0,17</b>	0,84	0,96	<b>0,39</b>	0,75	0,89	0,93	0,91	0,92	0,93	0,93	0,86		0,81
<i>Uroderma magnirostrum</i>	<b>0,61</b>	0,81	<b>0,64</b>	0,81	<b>0,15</b>	<b>0,73</b>	0,84	<b>0,34</b>	0,81	<b>0,44</b>	<b>0,70</b>	<b>0,27</b>	<b>0,33</b>		0,58
<i>Dinomys branikki</i>	0,99	1,00	0,99	0,96	0,99	<b>0,33</b>	<b>0,40</b>	0,98	0,99	1,00	0,87	0,95	<b>0,41</b>	0,94	0,85

**Tabla 2.** Lista de especies con modelos válidos que fueron insumo para el análisis de cambio climático. Se incluye el valor de AUC y el número de registros usados en el modelamiento.

No	Orden	Familia	Especie	AUC	Registros
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama americana</i>	0,953	150
2	Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	0,989	42
3	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus peruvianus</i>	0,946	58
4	Artiodactyla	Cervidae	<i>Pudu mephistophiles</i>	0,976	20
5	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	0,966	152
6	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	0,924	90
7	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	0,993	40
8	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pajeros</i>	0,976	12
9	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	0,975	141
10	Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	0,907	65
11	Carnivora	Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	0,950	70
12	Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	0,970	116
13	Carnivora	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>	0,898	31
14	Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	0,950	80
15	Carnivora	Mustelidae	<i>Pteronura brasiliensis</i>	0,940	28
16	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	0,984	40
17	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	0,958	104
18	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasuella olivacea</i>	0,984	40
19	Carnivora	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	0,956	173
20	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	0,941	54
21	Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	0,963	72
22	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Peropteryx macrotis</i>	0,946	26
23	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Rhynchonycteris naso</i>	0,889	59
24	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx bilineata</i>	0,920	84
25	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx leptura</i>	0,940	29
26	Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus currentium</i>	0,957	27
27	Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus molossus</i>	0,962	86
28	Chiroptera	Molossidae	<i>Promops centralis</i>	0,942	19
29	Chiroptera	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	0,942	13
30	Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio albiventris</i>	0,856	42
31	Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>	0,951	39
32	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura fistulata</i>	0,943	20
33	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>	0,977	108
34	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>	0,957	213

Tabla 2. Continuación

No	Orden	Familia	Especie	AUC	Registros
35	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus obscurus</i>	0,980	124
36	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma trinitatum</i>	0,939	35
37	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma villosum</i>	0,947	59
38	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Choeroniscus minor</i>	0,947	25
39	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura anderseni</i>	0,955	68
40	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura glauca</i>	0,968	61
41	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura gnoma</i>	0,974	26
42	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura rava</i>	0,982	89
43	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Diphylla ecaudata</i>	0,897	19
44	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Enchisthenes hartii</i>	0,964	40
45	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>	0,962	186
46	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchophylla robusta</i>	0,963	38
47	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchorhina aurita</i>	0,982	22
48	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lophostoma silvicolum</i>	0,973	74
49	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mesophylla macconnelli</i>	0,952	86
50	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Micronycteris megalotis</i>	0,950	89
51	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mimon crenulatum</i>	0,942	84
52	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus elongatus</i>	0,956	82
53	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus hastatus</i>	0,976	113
54	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla alethina</i>	0,993	44
55	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla fischeriae</i>	0,955	59
56	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira bidens</i>	0,979	54
57	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira erythromos</i>	0,971	125
58	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira magna</i>	0,956	68
59	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira oporaphilum</i>	0,979	53
60	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira tildae</i>	0,926	38
61	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Tonatia saurophila</i>	0,948	46
62	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trachops cirrhosus</i>	0,952	56
63	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trinycteris nicefori</i>	0,966	11
64	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Uroderma bilobatum</i>	0,965	118
65	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa bidens</i>	0,952	48
66	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa nymphaea</i>	0,996	22
67	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa thyone</i>	0,978	133
68	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrodes caraccioli</i>	0,959	33
69	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrum spectrum</i>	0,929	22
70	Chiroptera	Thyropteridae	<i>Thyroptera tricolor</i>	0,957	29
71	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Histiotus montanus</i>	0,990	23
72	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis albescens</i>	0,904	50

Tabla 2. Continuación

No	Orden	Familia	Especie	AUC	Registros
73	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis keaysi</i>	0,973	33
74	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis oxyotus</i>	0,966	26
75	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis riparius</i>	0,922	51
76	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	0,973	136
77	Cingulata	Dasypodidae	<i>Priodontes maximus</i>	0,973	36
78	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys derbianus</i>	0,986	43
79	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys lanatus</i>	0,952	32
80	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>	0,953	59
81	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis pernigra</i>	0,948	83
82	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa murina</i>	0,967	62
83	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa robinsoni</i>	0,984	65
84	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa rubra</i>	0,918	13
85	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops impavidus</i>	0,957	47
86	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops noctivagus</i>	0,958	50
87	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Metachirus nudicaudatus</i>	0,936	62
88	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Micoureus regina</i>	0,931	24
89	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Philander andersoni</i>	0,961	60
90	Paucituberculata	Caenolestidae	<i>Caenolestes fuliginosus</i>	0,990	65
91	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	0,989	50
92	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	0,956	55
93	Pilosa	Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i>	0,936	89
94	Pilosa	Cyclopedidae	<i>Cyclopes didactylus</i>	0,942	42
95	Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus didactylus</i>	0,957	44
96	Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>	0,957	61
97	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	0,956	34
98	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	0,982	71
99	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	0,946	77
100	Primates	Aotidae	<i>Aotus vociferans</i>	0,955	74
101	Primates	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	0,960	88
102	Primates	Atelidae	<i>Alouatta seniculus</i>	0,945	60
103	Primates	Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>	0,97	24
104	Primates	Atelidae	<i>Ateles fusciceps</i>	0,978	60
105	Primates	Atelidae	<i>Lagothrix lagotricha</i>	0,916	20
106	Primates	Atelidae	<i>Lagothrix poeppigii</i>	0,842	18
107	Primates	Cebidae	<i>Callithrix pygmaea</i>	0,980	38
108	Primates	Cebidae	<i>Cebus albifrons</i>	0,934	98
109	Primates	Cebidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>	0,961	24
110	Primates	Cebidae	<i>Saguinus graellsii</i>	0,982	44

Tabla 2. Continuación

No	Orden	Familia	Especie	AUC	Registros
111	Primates	Cebidae	<i>Saimiri sciureus</i>	0,961	43
112	Primates	Pitheciidae	<i>Callicebus discolor</i>	0,949	33
113	Rodentia	Caviidae	<i>Hydrochaeris</i>	0,972	27
114	Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	0,983	118
115	Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys hydrobates</i>	0,934	6
116	Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys tweedii</i>	0,956	10
117	Rodentia	Cricetidae	<i>Melanomys robustulus</i>	0,91	14
118	Rodentia	Cricetidae	<i>Microryzomys altissimus</i>	0,986	68
119	Rodentia	Cricetidae	<i>Microryzomys minutus</i>	0,976	81
120	Rodentia	Cricetidae	<i>Neacomys spinosus</i>	0,948	67
121	Rodentia	Cricetidae	<i>Nectomys apicalis</i>	0,958	44
122	Rodentia	Cricetidae	<i>Neusticomys monticolus</i>	0,992	24
123	Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys bicolor</i>	0,907	69
124	Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys superans</i>	0,917	27
125	Rodentia	Cricetidae	<i>Oligoryzomys destructor</i>	0,977	55
126	Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis andium</i>	0,977	48
127	Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis haggardi</i>	0,978	32
128	Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys latimanus</i>	0,958	20
129	Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys leucodactylus</i>	0,977	29
130	Rodentia	Cricetidae	<i>Scolomys melanops</i>	0,891	21
131	Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon peruanus</i>	0,993	42
132	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys baeops</i>	0,983	78
133	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys cinnameus</i>	0,944	8
134	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys erro</i>	0,978	15
135	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys paramorum</i>	0,984	45
136	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys rhoadsi</i>	0,988	23
137	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys ucucha</i>	0,992	8
138	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	0,970	178
139	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	0,989	28
140	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	0,958	81
141	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	0,984	100
142	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	0,972	51
143	Rodentia	Echymidae	<i>Mesomys hispidus</i>	0,911	27
144	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys brevicauda</i>	0,954	58
145	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys decumanus</i>	0,977	15
146	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys quadruplicatus</i>	0,974	33
147	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys semispinosus</i>	0,987	46
148	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys simonsi</i>	0,936	46

**Tabla 2.** Continuación

<b>No</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>AUC</b>	<b>Registros</b>
149	Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys australis</i>	0,970	18
150	Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys teleus</i>	0,926	7
151	Rodentia	Sciuridae	<i>Microsciurus flaviventer</i>	0,938	93
152	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	0,968	159
153	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus igniventris</i>	0,933	43
154	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus spadiceus</i>	0,938	36
155	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	0,99	62
156	Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis equatoris</i>	0,988	47
157	Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis montivaga</i>	0,994	11

**Tabla 3.** Sumatoria del área perdida para cada orden y el promedio de la pérdida.

<b>Orden</b>	<b>No de especies</b>	<b>Suma Área Perdida</b>	<b>Promedio Área Perdida</b>
Chiroptera	54	3 527 203,57	61,88%
Rodentia	43	1 461 024,78	42,16%
Carnivora	15	1 146 213,00	60,56%
Didelphimorphia	12	794 165,03	64,46%
Primates	13	591 440,82	61,73%
Pilosa	7	375 671,93	48,36%
Artiodactyla	6	316 569,22	39,10%
Cingulata	2	168 256,33	74,79%
Perissodactyla	2	113 305,21	66,93%
Soricomorpha	2	18 789,71	30,02%
Paucituberculata	1	13 031,31	23,92%
<b>Total General</b>	<b>157</b>	<b>8 572 378,63</b>	<b>53,58%</b>

**Tabla 4.** Lista de especies que aumentarán el área de distribución en el 2080 o que reducen su área de distribución menos del 1% con los valores absolutos de cambio en el área de distribución y el porcentaje de cambio.

<b>Orden</b>	<b>Especie</b>	<b>Área Actual</b>	<b>Área 2080</b>	<b>Área perdida</b>
Rodentia	<i>Ichthyomys hydrobates</i>	36 918,20	49 743,15	34,74%
Primates	<i>Alouatta palliata</i>	36 988,12	53 086,79	43,52%
Chiroptera	<i>Glossophaga soricina</i>	123 405,73	147 161,65	19,25%
Rodentia	<i>Ichthyomys tweedii</i>	24 347,32	28 574,69	17,4%
Chiroptera	<i>Saccopteryx bilineata</i>	129 495,65	143 624,20	10,91%
Chiroptera	<i>Noctilio albiventris</i>	88 843,83	97 794,27	10,07%
Rodentia	<i>Proechimys breviceauda</i>	84 462,34	91 803,45	8,69%
Soricomorpha	<i>Cryptotis montivaga</i>	19 038,61	19 864,45	4,34%
Chiroptera	<i>Myotis riparius</i>	155 434,78	161 248,80	3,74%
Rodentia	<i>Proechimys quadruplicatus</i>	71 809,30	71 663,17	0,20%

**Tabla 5.** Lista de especies que reducen su rango de distribución en el 2080 a causa del cambio climático con el respectivo porcentaje de pérdida por especie.

<b>Orden</b>	<b>Especie</b>	<b>Actual</b>	<b>2080</b>	<b>Área Perdida</b>
Artiodactyla	<i>Mazama americana</i>	159687.76	58688.50	63.2%
Artiodactyla	<i>Mazama rufina</i>	62723.84	51673.90	17.6%
Artiodactyla	<i>Odocoileus peruvianus</i>	106823.10	104734.90	2.0%
Artiodactyla	<i>Pudu mephistophiles</i>	70584.15	57236.53	18.9%
Artiodactyla	<i>Pecari tajacu</i>	135823.86	56477.48	58.4%
Artiodactyla	<i>Tayassu pecari</i>	147412.59	37674.79	74.4%
Carnivora	<i>Lycalopex culpaeus</i>	43786.91	37507.95	14.3%
Carnivora	<i>Leopardus pajeros</i>	25172.34	19622.30	22.0%
Carnivora	<i>Leopardus pardalis</i>	134781.32	23879.11	82.3%
Carnivora	<i>Panthera onca</i>	171785.47	37580.83	78.1%
Carnivora	<i>Potos flavus</i>	157234.47	60328.65	61.6%
Carnivora	<i>Puma yagouaroundi</i>	175420.29	61303.88	65.1%
Carnivora	<i>Eira barbara</i>	142278.44	31317.31	78.0%
Carnivora	<i>Galictis vittata</i>	147728.91	41847.71	71.7%
Carnivora	<i>Lontra longicaudis</i>	163074.85	52255.14	68.0%
Carnivora	<i>Pteronura brasiliensis</i>	86246.51	14490.14	83.2%
Carnivora	<i>Nasua narica</i>	73879.00	19337.10	73.8%
Carnivora	<i>Nasua nasua</i>	97305.32	23947.19	75.4%
Carnivora	<i>Nasuella olivacea</i>	52900.30	41894.04	20.8%
Carnivora	<i>Procyon cancrivorus</i>	137462.02	36656.04	73.3%
Carnivora	<i>Tremarctos ornatus</i>	95904.67	56780.42	40.8%
Chiroptera	<i>Peropteryx macrotis</i>	117820.22	33246.06	71.8%
Chiroptera	<i>Rhynchonycteris naso</i>	118340.75	29876.43	74.8%
Chiroptera	<i>Saccopteryx leptura</i>	106660.90	20117.66	81.1%
Chiroptera	<i>Molossus currentium</i>	115433.24	36264.36	68.6%
Chiroptera	<i>Molossus molossus</i>	112526.80	7794.73	93.1%
Chiroptera	<i>Promops centralis</i>	82654.88	40831.30	50.6%
Chiroptera	<i>Mormoops megalophylla</i>	46128.82	41999.66	9.0%
Chiroptera	<i>Noctilio leporinus</i>	134089.14	67983.08	49.3%
Chiroptera	<i>Anoura fistulata</i>	43773.61	25037.57	42.8%
Chiroptera	<i>Anoura geoffroyi</i>	82473.57	47075.50	42.9%
Chiroptera	<i>Artibeus lituratus</i>	169647.63	150645.67	11.2%
Chiroptera	<i>Artibeus obscurus</i>	89239.08	11726.06	86.9%
Chiroptera	<i>Chiroderma trinitatum</i>	109881.88	20491.66	81.4%
Chiroptera	<i>Chiroderma villosusm</i>	144022.57	11787.40	91.8%
Chiroptera	<i>Choeroniscus minor</i>	130499.08	25292.48	80.6%

Tabla 5. Continuación

Orden	Especie	Actual	2080	Área Perdida
Chiroptera	<i>Dermanura anderseni</i>	100758.79	18371.07	81.8%
Chiroptera	<i>Dermanura glauca</i>	103736.63	14624.24	85.9%
Chiroptera	<i>Dermanura gnoma</i>	84820.43	1680.12	98.0%
Chiroptera	<i>Dermanura rava</i>	65218.63	58370.27	10.5%
Chiroptera	<i>Diphylla ecaudata</i>	119196.63	34914.26	70.7%
Chiroptera	<i>Enchisthenes hartii</i>	95898.98	39331.57	59.0%
Chiroptera	<i>Lonchophylla robusta</i>	97524.90	38987.92	60.0%
Chiroptera	<i>Lonchorhina aurita</i>	77254.47	15419.94	80.0%
Chiroptera	<i>Lophostoma silvicolum</i>	89059.29	3456.26	96.1%
Chiroptera	<i>Mesophylla macconelli</i>	123640.91	14098.04	88.6%
Chiroptera	<i>Micronycteris megalotis</i>	135124.55	24691.60	81.7%
Chiroptera	<i>Mimon crenulatum</i>	109987.12	8686.96	92.1%
Chiroptera	<i>Phyllostomus elongatus</i>	76535.87	8603.57	88.8%
Chiroptera	<i>Phyllostomus hastatus</i>	134703.72	18782.82	86.1%
Chiroptera	<i>Rhinophylla alethina</i>	45643.23	36114.60	20.9%
Chiroptera	<i>Rhinophylla fischeriae</i>	85301.36	7747.40	90.9%
Chiroptera	<i>Sturnira bidens</i>	72713.17	43476.56	40.2%
Chiroptera	<i>Sturnira erythromos</i>	65767.28	33980.35	48.3%
Chiroptera	<i>Sturnira magna</i>	93575.60	7188.60	92.3%
Chiroptera	<i>Sturnira oporaphilum</i>	67833.14	29358.58	56.7%
Chiroptera	<i>Sturnira tildae</i>	90858.24	7380.59	91.9%
Chiroptera	<i>Tonatia saurophila</i>	90066.71	8387.41	90.7%
Chiroptera	<i>Trachops cirrhosus</i>	118613.67	12636.36	89.3%
Chiroptera	<i>Trinycteris nicefori</i>	63657.90	1514.65	97.6%
Chiroptera	<i>Uroderma bilobatum</i>	136202.52	24390.77	82.1%
Chiroptera	<i>Vampyressa nymphaea</i>	22816.84	6276.63	72.5%
Chiroptera	<i>Vampyressa thyone</i>	127669.87	12783.64	90.0%
Chiroptera	<i>Vampyriscus bidens</i>	96956.89	20059.29	79.3%
Chiroptera	<i>Vampyrodes caraccioli</i>	98052.20	23060.15	76.5%
Chiroptera	<i>Vampyrum spectrum</i>	169139.56	61723.36	63.5%
Chiroptera	<i>Thyroptera tricolor</i>	127012.62	20974.37	83.5%
Chiroptera	<i>Histiotus montanus</i>	54774.25	50300.65	8.2%
Chiroptera	<i>Myotis albescens</i>	188353.57	79851.87	57.6%
Chiroptera	<i>Myotis keaysi</i>	76133.71	61882.76	18.7%
Chiroptera	<i>Myotis oxyotus</i>	71748.99	57455.87	19.9%
Cingulata	<i>Dasypus novemcinctus</i>	144092.04	50320.89	65.1%
Cingulata	<i>Priodontes maximus</i>	88138.79	13653.61	84.5%
Didelphimorphia	<i>Caluromys derbianus</i>	92452.78	59786.05	35.3%

Tabla 5. Continuación

Orden	Especie	Actual	2080	Área Perdida
Didelphimorphia	<i>Caluromys lanatus</i>	98432.41	20326.30	79.3%
Didelphimorphia	<i>Chironectes minimus</i>	131254.92	29115.24	77.8%
Didelphimorphia	<i>Didelphis pernigra</i>	50955.87	35916.42	29.5%
Didelphimorphia	<i>Marmosa murina</i>	92930.48	11469.52	87.7%
Didelphimorphia	<i>Marmosa robinsoni</i>	87055.57	65961.07	24.2%
Didelphimorphia	<i>Marmosa rubra</i>	87699.05	1296.17	98.5%
Didelphimorphia	<i>Marmosops impavidus</i>	127813.07	73666.83	42.4%
Didelphimorphia	<i>Marmosops noctivagus</i>	97172.10	7000.03	92.8%
Didelphimorphia	<i>Metachirus nudicaudatus</i>	140728.82	12568.56	91.1%
Didelphimorphia	<i>Micoureus regina</i>	99919.63	76530.62	23.4%
Didelphimorphia	<i>Philander andersoni</i>	88964.76	7577.64	91.5%
Paucituberculata	<i>Caenolestes fuliginosus</i>	54471.68	41440.37	23.9%
Perissodactyla	<i>Tapirus pinchaque</i>	67052.23	31534.44	53.0%
Perissodactyla	<i>Tapirus terrestris</i>	96166.18	18378.76	80.9%
Pilosa	<i>Bradypus variegatus</i>	136508.46	69555.36	49.0%
Pilosa	<i>Cyclopes didactylus</i>	130984.03	56707.38	56.7%
Pilosa	<i>Choloepus didactylus</i>	95351.87	17583.34	81.6%
Pilosa	<i>Choloepus hoffmanni</i>	89832.11	48583.77	45.9%
Pilosa	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	113657.57	27222.86	76.0%
Pilosa	<i>Tamandua mexicana</i>	99448.31	97742.73	1.7%
Pilosa	<i>Tamandua tetradactyla</i>	99169.87	71884.83	27.5%
Primates	<i>Aotus vociferans</i>	96368.71	88626.90	8.0%
Primates	<i>Alouatta seniculus</i>	97525.06	59388.33	39.1%
Primates	<i>Ateles belzebuth</i>	70546.10	10474.24	85.2%
Primates	<i>Ateles fusciceps</i>	42459.19	20451.29	51.8%
Primates	<i>Lagothrix lagotricha</i>	26570.96	7057.22	73.4%
Primates	<i>Lagothrix poeppigii</i>	53409.78	5.21	100.0%
Primates	<i>Callithrix pygmaea</i>	76881.28	8685.55	88.7%
Primates	<i>Cebus albifrons</i>	167217.06	52823.90	68.4%
Primates	<i>Saguinus fuscicollis</i>	70865.50	1659.91	97.7%
Primates	<i>Saguinus graellsii</i>	27428.29	4735.53	82.7%
Primates	<i>Saimiri sciureus</i>	88753.90	17640.81	80.1%
Primates	<i>Callicebus discolor</i>	40734.48	11869.28	70.9%
Rodentia	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	86971.26	6266.54	92.8%
Rodentia	<i>Akodon mollis</i>	70238.07	56442.24	19.6%
Rodentia	<i>Melanomys robustulus</i>	83109.21	2471.91	97.0%
Rodentia	<i>Microryzomys altissimus</i>	55655.00	43594.76	21.7%
Rodentia	<i>Microryzomys minutus</i>	85151.87	65168.57	23.5%

Tabla 5. Continuación

Orden	Especie	Actual	2080	Área Perdida
Rodentia	<i>Neacomys spinosus</i>	99813.12	13886.44	86.1%
Rodentia	<i>Nectomys apicalis</i>	106200.00	29387.13	72.3%
Rodentia	<i>Neusticomys monticolus</i>	38316.18	19763.14	48.4%
Rodentia	<i>Oecomys bicolor</i>	119147.50	26472.08	77.8%
Rodentia	<i>Oecomys superans</i>	43892.17	16481.02	62.5%
Rodentia	<i>Oligoryzomys destructor</i>	93314.46	71144.82	23.8%
Rodentia	<i>Phyllotis andium</i>	76057.69	65656.40	13.7%
Rodentia	<i>Phyllotis haggardi</i>	37003.88	32937.55	11.0%
Rodentia	<i>Rhipidomys latimanus</i>	38003.46	27864.19	26.7%
Rodentia	<i>Rhipidomys leucodactylus</i>	90042.78	15521.38	82.8%
Rodentia	<i>Scolomys melanops</i>	80853.16	3641.74	95.5%
Rodentia	<i>Sigmodon peruanus</i>	55923.19	51901.26	7.2%
Rodentia	<i>Thomasomys baeops</i>	74170.14	58160.63	21.6%
Rodentia	<i>Thomasomys cinnamomeus</i>	28528.62	22948.98	19.6%
Rodentia	<i>Thomasomys erro</i>	52267.74	26972.39	48.4%
Rodentia	<i>Thomasomys paramorum</i>	37101.21	20426.05	44.9%
Rodentia	<i>Thomasomys rhoadsi</i>	20559.55	8985.33	56.3%
Rodentia	<i>Thomasomys ucucha</i>	4568.16	1033.66	77.4%
Rodentia	<i>Cuniculus paca</i>	140675.31	46969.58	66.6%
Rodentia	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	54580.84	38195.46	30.0%
Rodentia	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	90239.28	19366.58	78.5%
Rodentia	<i>Dasyprocta punctata</i>	77753.47	37263.45	52.1%
Rodentia	<i>Myoprocta pratti</i>	65168.57	12757.01	80.4%
Rodentia	<i>Mesomys hispidus</i>	94743.78	72472.58	23.5%
Rodentia	<i>Proechimys decumanus</i>	23113.64	19763.51	14.5%
Rodentia	<i>Proechymis semispinosus</i>	69702.94	31740.61	54.5%
Rodentia	<i>Proechymis simonsi</i>	98996.34	34590.48	65.1%
Rodentia	<i>Heteromys australis</i>	38545.41	27789.70	27.9%
Rodentia	<i>Heteromys teleus</i>	54736.06	42986.94	21.5%
Rodentia	<i>Microsciurus flaviventer</i>	101067.07	29621.75	70.7%
Rodentia	<i>Sciurus granatensis</i>	129696.09	102369.90	21.1%
Rodentia	<i>Sciurus igniventris</i>	103781.50	84258.91	18.8%
Rodentia	<i>Sciurus spadiceus</i>	105768.91	24257.18	77.1%
Rodentia	<i>Sciurus stramineus</i>	55879.00	33027.27	40.9%
Soricomorpha	<i>Cryptotis equatoris</i>	62583.90	43794.18	30.0%

**Tabla 6.** Diversidad de especies en los pisos altitudinales para la actualidad y el 2080. La riqueza relativa se refiere al número de especies por cada 1 000 km<sup>2</sup>. Los números resaltados en negrilla representan la mayor riqueza tanto absoluta como relativa.

Pisos Zoogeográficos	Área	Riqueza absoluta		Riqueza relativa	
		Actual	2080	Actual	2080
Altoandino	28 135,58	55	50	1,95	1,77
Templado oriental	17 625,75	95	75	5,39	4,26
Subtropical oriental	22 556,35	<b>106</b>	<b>95</b>	4,70	4,21
Tropical oriental	82 110,23	<b>109</b>	<b>92</b>	1,33	1,12
Templado occidental	9 976,60	70	59	<b>7,02</b>	<b>5,91</b>
Subtropical occidental	10 611,14	81	73	<b>7,63</b>	<b>6,88</b>
Tropical occidental seco	28 774,54	69	47	2,40	1,63
Tropical occidental húmedo	47 870,83	81	71	1,69	1,48

**Tabla 7.** Diversidad de especies en las regiones biogeográficas del Ecuador para la actualidad y el 2080. La riqueza relativa se refiere al número de especies por cada 1 000 km<sup>2</sup>. Los números resaltados en negrilla representan la mayor riqueza tanto absoluta como relativa.

Regiones Biogeográficas	Área	Riqueza absoluta		Riqueza relativa	
		Actual	2008	Actual	2008
Bosque tropical amazónico	73 909	<b>107</b>	<b>92</b>	1,45	1,25
Bosque tropical occidental	31 732	67	42	2,12	1,33
Bosque deciduo	26 673	68	48	2,65	1,87
Matorral andino	11 266	61	55	<b>5,42</b>	<b>4,88</b>
Matorral seco	8 033	58	30	<b>7,22</b>	<b>3,73</b>
Bosque montano occidental	21 576	81	73	3,75	3,38
Bosque montano oriental	31 555	<b>105</b>	<b>94</b>	3,33	2,98
Páramo	15 976	57	50	3,58	3,14
Bosque piemontano occidental	15 305	81	73	<b>5,30</b>	<b>4,77</b>
Bosque piemontano oriental	13 133	<b>109</b>	<b>94</b>	<b>8,31</b>	<b>7,17</b>

**Tabla 8.** Porcentaje y número de especies agrupadas en categorías según el estado de conservación de la UICN para la actualidad y en predicciones para el año 2080.

<b>Categoría</b>	<b>ACTUAL</b>		<b>FUTURO</b>	
	<b>No de Especies</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>No de Especies</b>	<b>Porcentaje</b>
Datos Deficientes	7	4,46%	0	0,00%
Preocupación Menor	126	80,25%	10	6,37%
Casi Amenazada	9	5,73%	36	22,93%
Vulnerable	11	7,01%	18	11,46%
En Peligro	3	1,91%	46	29,30%
En Peligro Crítico	1	0,64%	47	29,94%

**Tabla 9.** Número de especies presentes en cada área protegida del SNAP tanto para la actualidad como para el 2080 con el respectivo porcentaje de pérdida de especies por área.

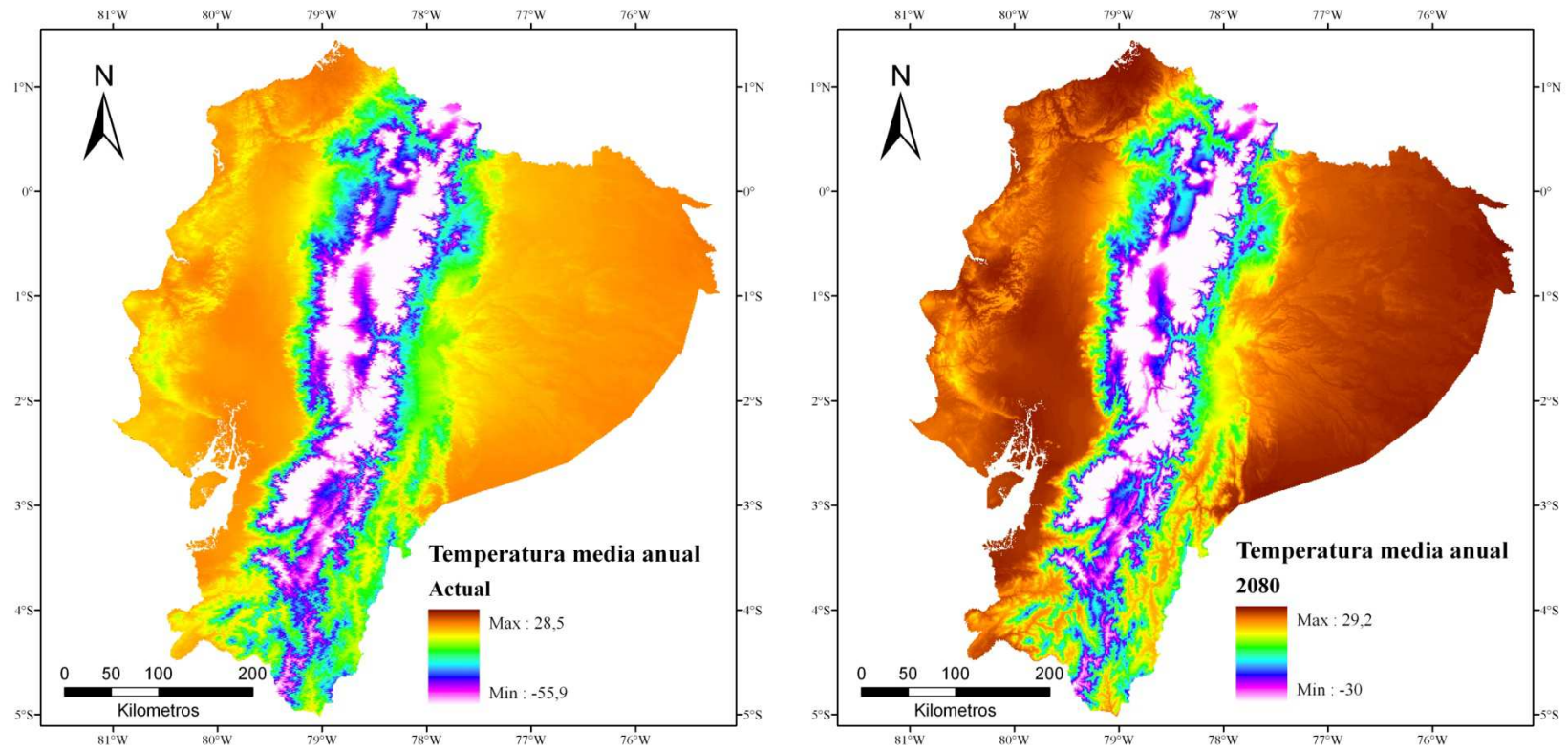
Área Protegida	No. de especies			
	Actual	2080	Diferencia	Pérdida
PN Llanganates	136	130	-6	-4,41%
PN Yasuní	101	24	-77	-76,24%
RPF Cuyabeno	96	21	-75	-78,13%
RE Antisana	129	123	-6	-4,65%
AR El Cajas	45	42	-3	-6,67%
RE Cayambe-Coca	136	132	-4	-2,94%
RPF Chimborazo	48	54	6	12,50%
RE Cotacachi-Cayapas	106	102	-4	-3,77%
PN Cotopaxi	41	55	14	34,15%
RE El Angel	44	42	-2	-4,55%
RE Mache-Chindul	70	58	-12	-17,14%
PN Sangay	140	142	2	1,43%
PN Sumaco Napo-Galeras	122	112	-10	-8,20%
PN Podocarpus	103	118	15	14,56%
RE Ilinizas	101	104	3	2,97%

## **10. ANEXOS**

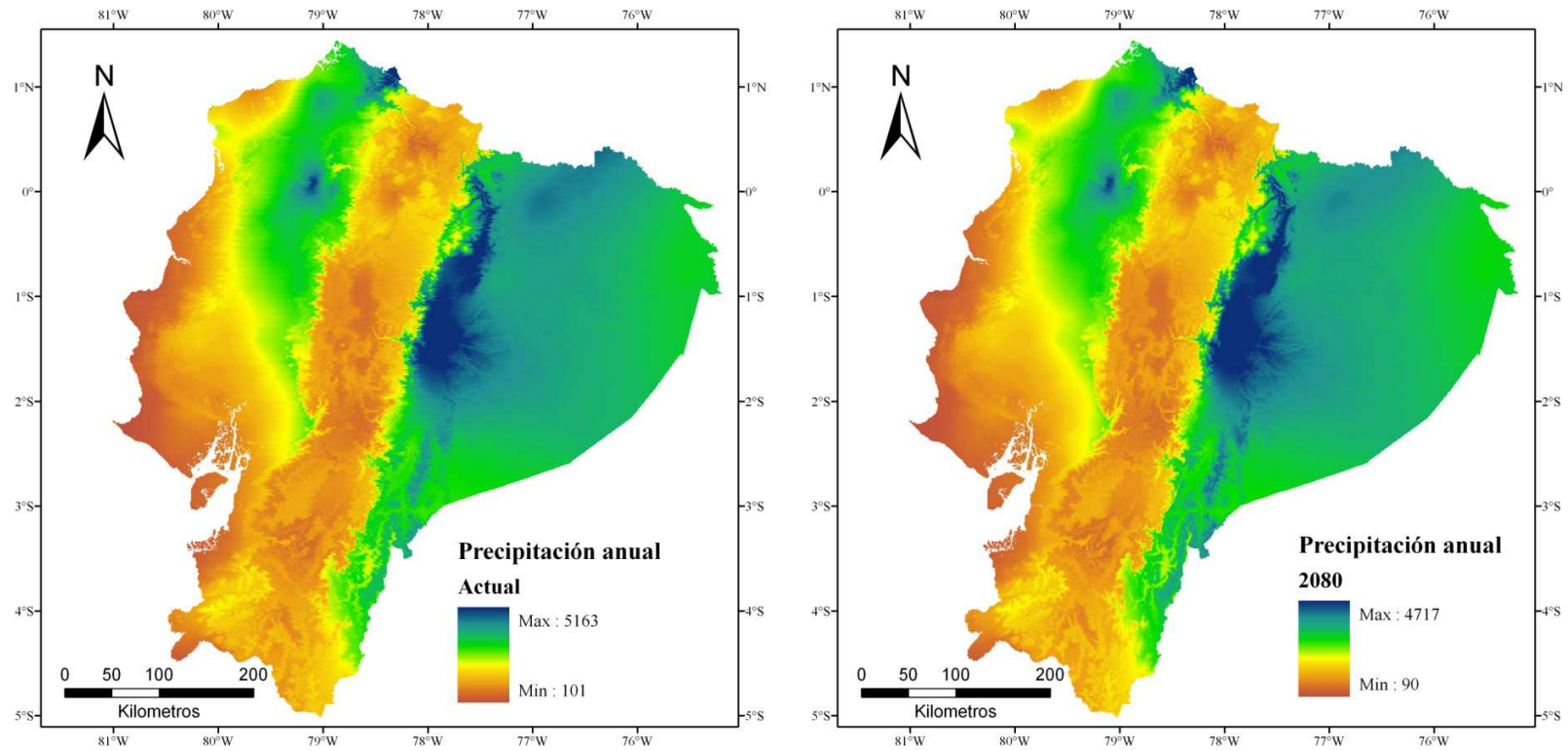
**Anexo 1. Variables Bioclimáticas**

<b>BIO1</b>	Temperatura media anual
<b>BIO2</b>	Rango de temperatura media mensual (temperatura máxima restada de la temperatura mínima)
<b>BIO3</b>	Isotermalidad (relación entre la temperatura media mensual y el rango de temperatura anual multiplicado por cien)
<b>BIO4</b>	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar de la temperatura media anual multiplicada por cien)
<b>BIO5</b>	Temperatura máxima del mes más caliente
<b>BIO6</b>	Temperatura mínima del mes más frío
<b>BIO7</b>	Rango anual de temperatura (temperatura máxima del mes más caliente restada de la temperatura mínima del mes más frío)
<b>BIO8</b>	Temperatura media del trimestre más húmedo
<b>BIO9</b>	Temperatura media del trimestre más seco
<b>BIO10</b>	Temperatura media del trimestre más caliente
<b>BIO11</b>	Temperatura media del trimestre más frío
<b>BIO12</b>	Precipitación anual
<b>BIO13</b>	Precipitación del mes más húmedo
<b>BIO14</b>	Precipitación del mes más seco
<b>BIO15</b>	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
<b>BIO16</b>	Precipitación del trimestre más húmedo
<b>BIO17</b>	Precipitación del trimestre más seco
<b>BIO18</b>	Precipitación del trimestre más caliente
<b>BIO19</b>	Precipitación del trimestre más frío

**Anexo 2.** Mapas de cambio en los valores de temperatura media anual como consecuencia del cambio climático.



**Anexo 3.** Mapas de cambio en los valores de precipitación anual como consecuencia del cambio climático.



**Anexo 4.** Lista de la selección preliminar de especies elegidas para realizar la investigación.

	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama americana</i>
2	Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama rufina</i>
3	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus peruvianus</i>
4	Artiodactyla	Cervidae	<i>Pudu mephistophiles</i>
5	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>
6	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>
7	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>
8	Carnivora	Canidae	<i>Speothos venaticus</i>
9	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pajeros</i>
10	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>
11	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>
12	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>
13	Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>
14	Carnivora	Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>
15	Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>
16	Carnivora	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>
17	Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>
18	Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela felipei</i>
19	Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>
20	Carnivora	Mustelidae	<i>Pteronura brasiliensis</i>
21	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>
22	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>
23	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasuella olivacea</i>
24	Carnivora	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>
25	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>
26	Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>
27	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Peropteryx macrotis</i>
28	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Rhynchonycteris naso</i>
29	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx bilineata</i>
30	Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx leptura</i>
31	Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus currentium</i>
32	Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus molossus</i>
33	Chiroptera	Molossidae	<i>Promops centralis</i>
34	Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>
35	Chiroptera	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>
36	Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio albiventris</i>
37	Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>

## Anexo 4. Continuación

	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
38	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura fistulata</i>
39	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>
40	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>
41	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus obscurus</i>
42	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma trinitatum</i>
43	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma villosum</i>
44	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Choeroniscus minor</i>
45	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chrotopterus auritus</i>
46	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura anderseni</i>
47	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura glauca</i>
48	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura gnoma</i>
49	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura rava</i>
50	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Diphylla ecaudata</i>
51	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Enchisthenes hartii</i>
52	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>
53	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchophylla handleyi</i>
54	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchophylla robusta</i>
55	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchorhina aurita</i>
56	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lophostoma silvicolum</i>
57	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mesophylla macconnelli</i>
58	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Micronycteris megalotis</i>
59	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mimon crenulatum</i>
60	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus discolor</i>
61	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus elongatus</i>
62	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus hastatus</i>
63	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla alethina</i>
64	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla fischeriae</i>
65	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira bidens</i>
66	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira erythromos</i>
67	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira magna</i>
68	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira oporaphilum</i>
69	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira tildae</i>
70	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Tonatia saurophila</i>
71	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trachops cirrhosus</i>
72	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trinycteris nicefori</i>
73	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Uroderma bilobatum</i>
74	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Uroderma magnirostrum</i>
75	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyriscus bidens</i>

## Anexo 4. Continuación

	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
76	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa nymphaea</i>
77	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa thyone</i>
78	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrodes caraccioli</i>
79	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrum spectrum</i>
80	Chiroptera	Thyropteridae	<i>Thyroptera tricolor</i>
81	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Eptesicus brasiliensis</i>
82	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Histiotus montanus</i>
83	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillii</i>
84	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis albescens</i>
85	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis keaysi</i>
86	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis oxyotus</i>
87	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis riparius</i>
88	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>
89	Cingulata	Dasypodidae	<i>Priodontes maximus</i>
90	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys derbianus</i>
91	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys lanatus</i>
92	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>
93	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis pernigra</i>
94	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa murina</i>
95	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa robinsoni</i>
96	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa rubra</i>
97	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops impavidus</i>
98	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops noctivagus</i>
99	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Metachirus nudicaudatus</i>
100	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Micoureus regina</i>
101	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Philander anderseni</i>
102	Paucituberculata	Caenolestidae	<i>Caenolestes fuliginosus</i>
103	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>
104	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>
105	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>
106	Pilosa	Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i>
107	Pilosa	Cyclopedidae	<i>Cyclopes didactylus</i>
108	Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus didactylus</i>
109	Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>
110	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>
111	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>
112	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>
113	Primates	Aotidae	<i>Aotus vociferans</i>

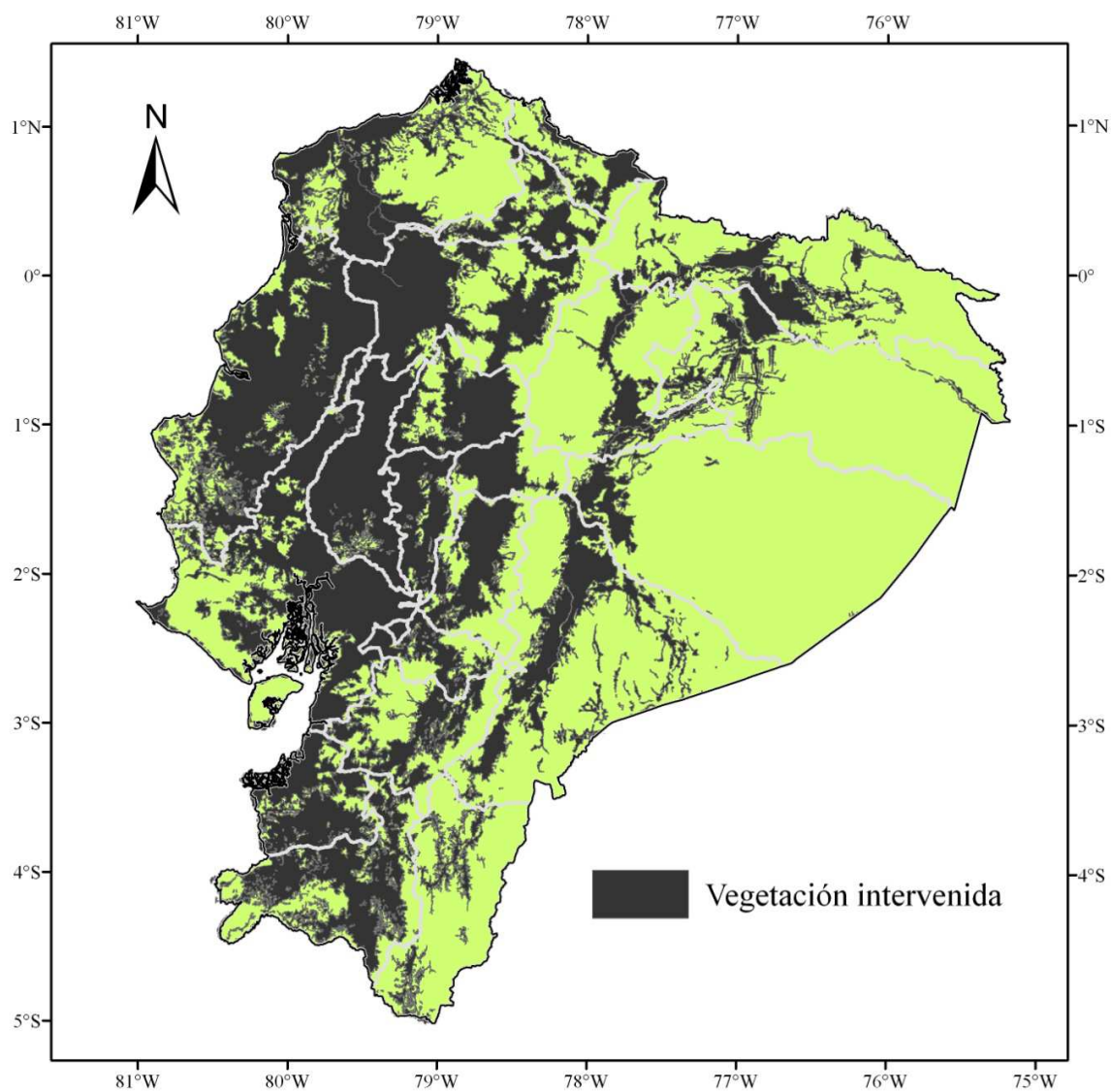
## Anexo 4. Continuación

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
114 Primates	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>
115 Primates	Atelidae	<i>Alouatta seniculus</i>
116 Primates	Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>
117 Primates	Atelidae	<i>Ateles fusciceps</i>
118 Primates	Atelidae	<i>Lagothrix lagotricha</i>
119 Primates	Atelidae	<i>Lagothrix poeppigii</i>
120 Primates	Cebidae	<i>Callithrix pygmaea</i>
121 Primates	Cebidae	<i>Cebus albifrons</i>
122 Primates	Cebidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>
123 Primates	Cebidae	<i>Saguinus graellsii</i>
124 Primates	Cebidae	<i>Saimiri sciureus</i>
125 Primates	Pitheciidae	<i>Callicebus discolor</i>
126 Rodentia	Caviidae	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>
127 Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon latebricola</i>
128 Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>
129 Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys hydrobates</i>
130 Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys tweedii</i>
131 Rodentia	Cricetidae	<i>Melanomys robustulus</i>
132 Rodentia	Cricetidae	<i>Microryzomys altissimus</i>
133 Rodentia	Cricetidae	<i>Microryzomys minutus</i>
134 Rodentia	Cricetidae	<i>Neacomys spinosus</i>
135 Rodentia	Cricetidae	<i>Nectomys apicalis</i>
136 Rodentia	Cricetidae	<i>Neusticomys monticolus</i>
137 Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys bicolor</i>
138 Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys superans</i>
139 Rodentia	Cricetidae	<i>Oligoryzomys destructor</i>
140 Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis andium</i>
141 Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis haggardi</i>
142 Rodentia	Cricetidae	<i>Reithrodontomys sonderstromi</i>
143 Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys latimanus</i>
144 Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys leucodactylus</i>
145 Rodentia	Cricetidae	<i>Scolomys melanops</i>
146 Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon inopinatus</i>
147 Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon peruanus</i>
148 Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys baeops</i>
149 Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys cinnamomeus</i>
150 Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys erro</i>

## Anexo 4. Continuación

	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
151	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys paramorum</i>
152	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys rhoadsi</i>
153	Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys ucucha</i>
154	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>
155	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus taczanowskii</i>
156	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>
157	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>
158	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>
159	Rodentia	Dinomyidae	<i>Dinomys branickii</i>
160	Rodentia	Echymidae	<i>Mesomys hispidus</i>
161	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys brevicauda</i>
162	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys decumanus</i>
163	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys quadruplicatus</i>
164	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys semispinosus</i>
165	Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys simonsi</i>
166	Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys australis</i>
167	Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys teleus</i>
168	Rodentia	Sciuridae	<i>Microsciurus flaviventer</i>
169	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>
170	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus igniventris</i>
171	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus spadiceus</i>
172	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>
173	Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis equatoris</i>
174	Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis montivaga</i>

**Anexo 5.** Mapa de la vegetación intervenida del Ecuador según Sierra (1999a).



**Anexo 6.** Probable estado de conservación de cada especie en el 2080 como resultado del cambio del área de distribución debido al Cambio Climático

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Conservación</b>
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	Casi Amenazada
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus peruvianus</i>	Casi Amenazada
Artiodactyla	Cervidae	<i>Pudu mephistophiles</i>	Casi Amenazada
Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Casi Amenazada
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pajeros</i>	Casi Amenazada
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasuella olivacea</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura rava</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla alethina</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Histiotus montanus</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis keaysi</i>	Casi Amenazada
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis oxyotus</i>	Casi Amenazada
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis pernigra</i>	Casi Amenazada
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa robinsoni</i>	Casi Amenazada
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Micoureus regina</i>	Casi Amenazada
Paucituberculata	Caenolestidae	<i>Caenolestes fuliginosus</i>	Casi Amenazada
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Casi Amenazada
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Casi Amenazada
Primates	Aotidae	<i>Aotus vociferans</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Microrhizomys altissimus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Microrhizomys minutus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Oligoryzomys destructor</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis andium</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis haggardi</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys latimanus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon peruanus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys baeops</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys cinnamomeus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Echymidae	<i>Mesomys hispidus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys decumanus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys australis</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys teleus</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	Casi Amenazada
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus igniventris</i>	Casi Amenazada

## Anexo 6. Continuación

Orden	Familia	Especie	Conservación
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama americana</i>	En Peligro
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	En Peligro
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	En Peligro
Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	En Peligro
Carnivora	Felidae	<i>Potos flavus</i>	En Peligro
Carnivora	Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	En Peligro
Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	En Peligro
Carnivora	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>	En Peligro
Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	En Peligro
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	En Peligro
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	En Peligro
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	En Peligro
Chiroptera	Emballonuridae	<i>Peropteryx macrotis</i>	En Peligro
Chiroptera	Emballonuridae	<i>Rhynchonycteris naso</i>	En Peligro
Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus currentium</i>	En Peligro
Chiroptera	Molossidae	<i>Promops centralis</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Diphylla ecaudata</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Enchisthenes hartii</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchophylla robusta</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira oporaphilum</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa nymphaea</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyriscus bidens</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrodes caraccioli</i>	En Peligro
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyrum spectrum</i>	En Peligro
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis albescens</i>	En Peligro
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	En Peligro
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys lanatus</i>	En Peligro
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>	En Peligro
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	En Peligro
Pilosa	Cyclopedidae	<i>Cyclopes didactylus</i>	En Peligro
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	En Peligro
Primates	Atelidae	<i>Ateles fusciceps</i>	En Peligro
Primates	Atelidae	<i>Lagothrix lagotricha</i>	En Peligro
Primates	Cebidae	<i>Cebus albifrons</i>	En Peligro
Primates	Pitheciidae	<i>Callicebus discolor</i>	En Peligro
Rodentia	Cricetidae	<i>Nectomys apicalis</i>	En Peligro

## Anexo 6. Continuación

Orden	Familia	Especie	Conservación
Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys bicolor</i>	En Peligro
Rodentia	Cricetidae	<i>Oecomys superans</i>	En Peligro
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys rhoadsi</i>	En Peligro
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys ucucha</i>	En Peligro
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	En Peligro
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	En Peligro
Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys semispinosus</i>	En Peligro
Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys simonsi</i>	En Peligro
Rodentia	Sciuridae	<i>Microsciurus flaviventer</i>	En Peligro
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus spadiceus</i>	En Peligro
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	En Peligro Crítico
Carnivora	Mustelidae	<i>Pteronura brasiliensis</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx leptura</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus molossus</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus obscurus</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma trinitatum</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma villosum</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Choeroniscus minor</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura anderseni</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura glauca</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Dermanura gnoma</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchorhina aurita</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lophostoma silvicolum</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mesophylla macconnelli</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Micronycteris megalotis</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Mimon crenulatum</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus elongatus</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus hastatus</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla fischeriae</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira magna</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira tildae</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Tonatia saurophila</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trachops cirrhosus</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Trinycteris nicefori</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Uroderma bilobatum</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Vampyressa thyone</i>	En Peligro Crítico

## Anexo 6. Continuación

Orden	Familia	Especie	Conservación
Chiroptera	Thyropteridae	<i>Thyroptera tricolor</i>	En Peligro Crítico
Cingulata	Dasypodidae	<i>Priodontes maximus</i>	En Peligro Crítico
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa murina</i>	En Peligro Crítico
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa rubra</i>	En Peligro Crítico
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops noctivagus</i>	En Peligro Crítico
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Metachirus nudicaudatus</i>	En Peligro Crítico
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Philander andersoni</i>	En Peligro Crítico
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	En Peligro Crítico
Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus didactylus</i>	En Peligro Crítico
Primates	Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>	En Peligro Crítico
Primates	Atelidae	<i>Lagothrix poeppigii</i>	En Peligro Crítico
Primates	Cebidae	<i>Callithrix pygmaea</i>	En Peligro Crítico
Primates	Cebidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>	En Peligro Crítico
Primates	Cebidae	<i>Saguinus graellsii</i>	En Peligro Crítico
Primates	Cebidae	<i>Saimiri sciureus</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Caviidae	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Cricetidae	<i>Melanomys robustulus</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Cricetidae	<i>Neacomys spinosus</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Cricetidae	<i>Rhipidomys leucodactylus</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Cricetidae	<i>Scolomys melanops</i>	En Peligro Crítico
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	En Peligro Crítico
Chiroptera	Emballonuridae	<i>Saccopteryx bilineata</i>	Preocupación Menor
Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio albiventris</i>	Preocupación Menor
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>	Preocupación Menor
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis riparius</i>	Preocupación Menor
Primates	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	Preocupación Menor
Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys hydrobates</i>	Preocupación Menor
Rodentia	Cricetidae	<i>Ichthyomys tweedii</i>	Preocupación Menor
Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys breviceauda</i>	Preocupación Menor
Rodentia	Echymidae	<i>Proechimys quadruplicatus</i>	Preocupación Menor
Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis montivaga</i>	Preocupación Menor
Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Vulnerable
Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>	Vulnerable
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura fistulata</i>	Vulnerable
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>	Vulnerable
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira bidens</i>	Vulnerable

## Anexo 6. Continuación

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Conservación</b>
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira erythromos</i>	Vulnerable
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys derbianus</i>	Vulnerable
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops impavidus</i>	Vulnerable
Pilosa	Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i>	Vulnerable
Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>	Vulnerable
Primates	Atelidae	<i>Alouatta seniculus</i>	Vulnerable
Rodentia	Cricetidae	<i>Neusticomys monticolus</i>	Vulnerable
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys erro</i>	Vulnerable
Rodentia	Cricetidae	<i>Thomasomys paramorum</i>	Vulnerable
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	Vulnerable
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Vulnerable
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	Vulnerable
Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis equatoris</i>	Vulnerable

