



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales

“Predicción de la distribución geográfica potencial de la especie invasora Rana Toro Americana (*Lithobates catesbeianus*) en Ecuador”

*Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero en Gestión Ambiental*

Autor

Felipe Javier Morejón Villavicencio

Director

Ing. Carlos Alberto Iñiguez Armijos

Loja – Ecuador
2009

CERTIFICACIÓN

Ingeniero
Carlos Alberto Iñiguez Armijos
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que una vez revisado el trabajo de investigación realizado por Felipe Javier Morejón Villavicencio, previo a la obtención de título de INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL, se autoriza su presentación final para la evaluación correspondiente.

Loja, 19 de junio de 2009.

Ing. Carlos Alberto Iñiguez Armijos
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Los conceptos, ideas, metodologías, recursos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de absoluta responsabilidad de su autor.

Felipe Javier Morejón Villavicencio

DEDICATORIA

A nuestro Creador por darnos la vida y por tan hermosa fuente de inspiración, la naturaleza, la Madre Tierra.

Mis padres Pepe y Julita, los seres más sabios y amorosos que existen en el mundo, sin ellos no habría razón de nada. Gracias a ustedes soy mejor ser humano, jamás encontraré las palabras para expresar la gratitud y el amor que les tengo. Son un ejemplo de existencia, los amo con todas mis fuerzas.

A Adrianita, mi hija, mi razón de ser, mi otra mitad. Tu eres mi fuerza princesita.

A mis ñaños, cuñados y, los más importantes, mis sobrinos y sobrinas, sencillamente por compartir sus vidas conmigo y por sus valiosos consejos.

Stefano, Carlos, Gustavo, Pedro, Andrés y Emilio por los momentos de alegría incondicional que me han brindado, por su hermandad. Gracias por estar siempre en cualquier circunstancia, por ser parte de mi mundo. A Germancito por su compañía, sentado siempre a mi lado.

Ximenita, a ti mi dedicatoria, corazón y vida entera. Por las lagrimas de felicidad y tristeza, por tus consejos, por tu excepcional personalidad, por tu calidad de gente, por tu amor puro. Eres el cimiento donde se construyen mis sueños los cuales solo contigo serán posibles.

A todos mi amor y respeto...

Felipe Javier Morejón Villavicencio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja por ser la Institución que me ha abierto sus puertas para lograr un paso más en mi vida académica. A la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, docentes y amigos, en especial al Ing. Fausto López, al Blg. Stefano Torracchi, a la Blg. Indira Black y al Blg. Carlos Iván Espinoza por su apoyo y conocimiento.

A todos aquellos que conforma el Instituto de Ecología de la UTPL por su apoyo constante, brindándome sus conocimientos, infraestructura y sobre todo por la calidad de gente, todo esto con el objeto de ejecutar y finalizar la presente investigación.

De carácter muy concreto al Ing. Carlos Ñíguez Armijos, por su fundamental apoyo y confianza brindada, por toda la paciencia y tiempo dedicado en el trabajo investigativo.

A todas las personas que de una u otra forma participaron, a mis amigos, por su amor, paciencia y conocimientos. Gracias de todo corazón.

Felipe Javier

RESUMEN

En un ambiente equilibrado, las plantas y los animales básicamente se acostumbran unos a otros, pero cuando este equilibrio se rompe mediante la introducción de especies foráneas las consecuencias son adversas. La rana toro se encuentra entre las 100 especies más dañinas según la UICN por sus cualidades reproductivas y alimenticias; distribuyéndose ampliamente por el mundo. La especie fue introducida en el Ecuador en el año 1998 ubicándose la mayor actividad de crianza en el sur amazónico, pero no se sabe su distribución actual en el país.

El objetivo de esta investigación fue predecir la distribución geográfica potencial de esta especie utilizando como método de modelamiento MaxEnt y como información de entrada datos de la ocurrencia nativa e introducida de la especie y 19 variables ambientales y 1 topográfica. Se construyeron dos modelos: el primero proyectó las condiciones ambientales favorables de su distribución nativa en Norteamérica para el Ecuador y el segundo modelo fue creado a partir de localidades de registros no nativos en el Ecuador. El modelo 1 mostró áreas apropiadas en el noreste de la región costera y el modelo 2 en la misma región y en el sur de la Amazonía. Ambos modelos fueron evaluados y luego combinados para crear un mapa unificado de la distribución potencial de la especie, mostrando altas concordancias con la base de datos All Amphibians 2008.

Es relevante destacar que la presente investigación se trata del primer estudio de la distribución de rana toro en el país. Si el modelo final propuesto se interpreta como la representación del potencial invasivo de *L. catesbeianus*, es de importancia aplicar estrategias para evitar invasiones biológicas, enfocadas especialmente en las zonas dentro de los “hot spots” Andes Tropicales y Tumbes-Chocó-Magdalena donde hay altas probabilidades de ocurrencia y una importante muestra de biodiversidad.

Palabras clave: Modelamiento de nicho ecológico, especie invasora, MaxEnt, rana toro, invasión biológica, *Lithobates catesbeianus*, distribución potencial.

ABSTRACT

In a balanced environment, plants and animals are basically tend to each other, but when this balance is disrupted by the introduction of alien species the consequences are adverse. The American Bullfrog is among the 100 most damaging species as IUCN by their reproductive and nutritional qualities; distributed widely by the world. The specie was introduced in Ecuador in 1998 placing greater breeding activity in the southern Amazon but we don't know the current distribution.

The propose of this research was to predict the potential geographical distribution using MaxEnt like modeling method and information of input data of the native and introduced occurrence of the specie related to nineteen environmental variables and one topographic. Two models were constructed: the first illustrated the favorable conditions of their native distribution in North America and later projected for Ecuador. The second model was created using a registry of non-native species in Ecuador. Models number one and two showed appropriate areas in the north east of the coastal region. Additionally, model two showed predictions in the south of the Amazon. Both models were evaluated and then combined to create a unified map of the potential distribution of the specie showing high correlation with All Amphibians 2008 data base.

It is important to emphasize that this type of research is the first in the country. If the final model proposed is interpreted as showing invasive potential of the *L. catesbeianus*, it is necessary to avoid further biological invasions, especially focused in the inner zones known as the "hot spots" of the Tropical Andes, and Tumbes-Chocó-Magdalena where there are a high probability of occurrence and an important biodiversity.

Keywords: ecological niche modeling, invasive species, MaxEnt, American Bullfrog, biological invasion, *Lithobates catesbeianus*, potential distribution.

INTRODUCCION

Las especies invasoras se encuentran en todos los grupos taxonómicos: virus, hongos, algas, musgos, helechos, plantas superiores, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Han invadido y afectado la biota nativa en casi todos los tipos de ecosistemas, en todas las regiones (Lowe *et al.*, 2004; Matthews & Brand 2004; Matthews 2004).

Existe una creciente evidencia que indica que las especies exóticas invasoras de plantas y animales están produciendo un profundo impacto negativo en la diversidad biológica, tanto a escala local como global (UICN, 1999). Uno de los efectos de la introducción de especies exóticas o exóticas invasoras son las invasiones biológicas que posiblemente se puedan producir, trayendo diversas consecuencias, no solo en aspectos biológicos sino también en diversos aspectos ambientales tales como hidrología, clima, composición del suelo, entre otros (Mack *et al.*, 2000). Además, puede ser causa de un profundo impacto económico, tomando en cuenta su influencia en la agricultura, salud pública, entre otros. Causan predación de fauna nativa, herbivorismo, competición por recursos como luz, nutrientes, presas y nichos, cambio de hábitat o cambios físicos, enfermedades, hibridación de las especies exóticas con especies nativas, entre otras cosas, incluso pueden ser causantes de extinciones (GISP, 2007).

En áreas protegidas, como en otros lugares, los impactos de las especies invasoras causan muchas complicaciones en la función del ecosistema, impactos en la estructura del ecosistema, e impactos a nivel de comunidades o hábitats, así como a nivel de especies; inciden directamente o indirectamente en los medios de subsistencia y mitigación de pobreza, que afectan a través de los servicios de los ecosistemas o de la utilización sostenible de la diversidad biológica o por medio de interferir en los valores culturales y patrimoniales (GISP, 2007).

Al ser éste un problema global, el reto es tener una idea de cómo se encuentran distribuidas las especies invasoras, teniendo a mano herramientas que nos pueden dar una imagen aproximada de la situación. Una de estas herramientas es el modelamiento predictivo de nicho ecológico, la cual ha sido utilizado con éxito para evaluar la

distribución geográfica potencial de las especies (Guisan y Thuiller, 2005; Elith *et al.*, 2006), aportando con información adicional para estrategias de conservación (Young, 2007). Además, el modelamiento de nicho ecológico ha sido también aplicado con buenos resultados en la predicción de la distribución potencial de especies invasoras no nativas (Peterson & Vieglais, 2001; Ficetola *et al.*, 2007)

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*, Shaw 1802, = *Rana catesbeiana*) se encuentra entre las 100 especies más dañinas del mundo según el Global Invasive Species Database (Lowe *et al.*, 2004). Nativa del este de Norteamérica, desde el sur de USA hasta el sur de Canadá, fue introducida, accidentalmente o intencionalmente, en el sur de Europa, Asia y Sudamérica (Bruening, 2002), adaptándose a diferentes condiciones ambientales. Esta especie influye en la abundancia de anuros nativos (Hecnar *et al.*, 1997), siendo responsable de la eliminación o reducción significativa de, al menos, 14 especies de anfibios (Jamenson, 1956; Black, 1969; Hammerson, 1982; Moyle, 1973; Cohen, 1975; Hayes & Jennings, 1986; Werner *et a.*, 1995; Stebbins & Cohen, 1995, Rueda-Almonacid, 1999) y otras especies acuáticas a través de predación y competición (Rosen & Schwalbe, 1995; Kiesecker & Blaustein, 1998; Laufer *et al.*, 2007). Colombia, Brasil y Sri Lanka también reportan la disminución de invertebrados a causa de esta especie, y en Colombia, Inglaterra y México se ha alertado a la comunidad para prevenir el establecimiento de poblaciones de rana toro en la naturaleza (INDERENA, 1991; Reptile Hobbyst, 1997; English–Nature, 2000; Casas *et al.*, 2001). Es importante destacar que *L. catesbeianus* es un portador sano de varios tipos de virus como el FEV (Frog Erythrocytic Virus) (Gruia-Gray & Desser, 1992) y de bacterias como *Batrachochytrium dendrobatidis* (Daszak *et al.*, 2004) que puede afectar a un 62% de las ranas inmaduras, en tanto que los adultos son resistente a la infección.

La primera vez que la rana toro fue introducida a Latinoamérica fue en el estado de Río de Janeiro (Brasil) en 1935 (Astudillo, 2002). En 1998 el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador otorgó a Franklin Alarcón el permiso #1 para introducción de 100 adultos y 70000 renacuajos de rana toro al Ecuador (Casares, 1992). Sin embargo, según Coloma (Gallardo, 2004) en 1985 ya se habían importado de Brasil unos reproductores con los que se iniciaron ensayos en el Centro de Rehabilitación en la provincia de Manabí. En 1991, la Fundación Herpetológica Gustavo Orcés (FHGO) fue

alertada por funcionarios del Ministerio del Ambiente de Colombia por el manejo experimental de esta especie, asunto que también fue dado a conocer en el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

Pocos estudios existen sobre la distribución de rana toro, *Ficetola et al.* (2007), predijeron la distribución potencial de *L. catesbeianus* a nivel global pero su investigación se enfocó en la predicción de las consecuencias de poblaciones europeas identificadas. Tratando de llenar esos vacíos, la UICN crea la base de datos All Amphibians 2008 donde contiene información sobre la distribución de 6156 especies de anfibios, creados a partir de una evaluación global de los anfibios en el mundo, coordinado por la UICN en colaboración con Conservation International y NatureServe (Metadata All Amphibians, 2008), siendo una herramienta útil para planes de conservación y otros procesos en la toma de decisiones. En Sudamérica hay un único estudio sobre la distribución geográfica de la rana toro, Giovanelli *et al.* (2007) modelaron el rango de distribución de ésta especie para Brasil cuyos resultados sugirieron alta probabilidad de ocurrencia principalmente en el sur y sur este de Brasil (Hotspot Bosque Atlántico).

En el Ecuador poco y nada se sabe de las consecuencias que pueden ocasionar la invasión de la rana toro, pero es conocido mundialmente su efecto devastador. El impacto que generan estas especies ha sido reconocido en el Convenio sobre Diversidad Biológica, cuya posición es respaldada por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), que plantea y propone el control y monitoreo de las especies exóticas que amenazan nuestros ecosistemas y especies nativas. El Convenio sobre Diversidad Biológica establece en el artículo 8 que "cada parte contratante, en la medida de lo posible y según proceda, impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies". Reconoce también la necesidad de establecer sistemas de información que reúnan datos sobre las especies que tienen impactos ambientales significativos. Algunas iniciativas específicas que han respondido a dicha necesidad incluyen el establecimiento de grupos de trabajo de especialistas en especies invasoras que faciliten el intercambio de información y realicen investigaciones sobre tales especies (Convention on Biological Diversity, 2003).

Bajo estas consideraciones, esta investigación tuvo como objetivo crear un mapa de la distribución potencial de *L. catesbeianus* para el Ecuador a partir de la proyección de su distribución geográfica nativa y adicionando un modelo creado con puntos de ocurrencia de la especie introducida en el país y comparar con los datos de distribución geográfica de la especie propuestos en la base de datos del All Amphibias 2008 (*disponible online*)¹.

¹ http://www.iucnredlist.org/amphibians/download_gis_page

MATERIALES Y MÉTODOS

Para generar el modelo de nicho ecológico para la distribución nativa de *L. catesbeianus* se conformó una base de datos de su ocurrencia derivada del Global Biodiversity Information Facility (*disponible online*)², con 4897 registros de presencia, incluyendo ocurrencias en México, Estados Unidos y Canadá. Es importante depurar los registros que están fuera de la distribución natural para generar un modelo de la distribución original en Norteamérica de tal manera que estas condiciones sean proyectadas para el Ecuador, por lo tanto, la base de datos final se limitó a 1489 localidades de registro para Norteamérica que representan la distribución original de esta especie. La base de datos final fue verificada mediante DIVA-GIS (Hijmans *et al.*, 2002) para eliminar sesgos y errores.

Tabla 1. Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelamiento. Todas las variables están representadas en formato raster con una resolución de grid de 30 arcsec (1Km aproximadamente).

Código	Variable ambiental	Fuente
Bio1	Temperatura media anual	Worldclim
Bio2	Rango de temperatura media mensual	Worldclim
Bio3	Isotermalidad (P2/P7) (*100)	Worldclim
Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)	Worldclim
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	Worldclim
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	Worldclim
Bio7	Rango anual de temperatura (P5-P6)	Worldclim
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo	Worldclim
Bio9	Temperatura media del trimestre más cálido	Worldclim
Bio10	Temperatura media del trimestre más seco	Worldclim
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	Worldclim
Bio12	Precipitación anual	Worldclim
Bio13	Precipitación del mes más húmedo	Worldclim
Bio14	Precipitación del mes más seco	Worldclim
Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)	Worldclim
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	Worldclim
Bio17	Precipitación del trimestre más seco	Worldclim
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	Worldclim
Bio19	Precipitación del trimestre más frío	Worldclim
Alt	Altitud	GTOPO30

² <http://www.gbif.org>

Se utilizó un set de 20 variables biofísicas continuas (Tabla 1), conformado por 19 variables bioclimáticas derivadas de las base de datos del Worldclim ver 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) (*disponible online*)³, y 1 topográfica derivada de los datos del USGS GTOPO30 (*disponible online*)⁴, cabe señalar que estas variables ya fueron utilizadas para generar un modelo de distribución de esta especie en el Brasil con resultados convincentes (Giovanelli *et al.*, 2007).

El modelamiento de nicho ecológico fue elaborado en MaxEnt (Versión 2.3; Phillips *et al.*, 2006) (*disponible online*)⁵ debido a que este programa ya ha sido aplicado en el modelamiento de esta especie a nivel mundial (Ficetola *et al.*, 2007) y en Brasil (Giovanelli *et al.*, 2007). Según Phillips *et al.* (2006): MaxEnt es un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable para una especie, sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincida con su media empírica. El resultado del modelo expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de las variables ambientales. Un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que ésta presenta condiciones muy favorables para la presencia de la especie. MaxEnt puede utilizar variables cualitativas, otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene. Adicionalmente, éste ha sido ubicado entre los métodos más eficientes para el modelamiento de la distribución de especies a partir de datos de solo presencia (Elith *et al.*, 2006).

Luego, el modelo fue evaluado a través de la curva Operativa Característica del Receptor (ROC) calculando el área bajo la curva (AUC) (Fielding & Bell, 1997). Los valores de AUC fluctúan de 0 a 1, donde 0.5 indica que el modelo no tiene poder predictivo, 1 significa una discriminación o un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (Guisan *et al.*, 2007). El análisis ROC generalmente es aceptado como un método estándar para evaluar la

³ <http://www.worldclim.org/current.htm>

⁴ <http://edu.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>

⁵ <http://cs.princeton.edu/~schapire/maxent>

exactitud de los modelos de distribución predictiva y además permite conocer la aplicabilidad de los mismos (Elith *et al.*, 2006) y proporciona a través del AUC una medida simple del desempeño del modelo, independientemente de cualquier elección particular de un umbral (Phillips *et al.*, 2006). Entonces, el proceso de evaluación se ejecutó bajo los parámetros establecidos en Phillips *et al.* (2006): Se realizó 10 repeticiones aleatorias de las localidades de presencia, cada partición fue creada por selección aleatoria del 75% de las localidades de presencia como datos de entrenamiento (1117 registros), con el 25% restante se evaluaron los modelos resultantes (372 registros) utilizando pseudo ausencias en lugar de ausencias reales y luego se corrió un modelo para cada repetición.

El modelo resultante fue proyectado en Norteamérica y Ecuador (Modelo 1) para conocer la distribución geográfica potencial de rana toro y determinar los lugares más idóneos para su ocurrencia. Aquellas probabilidades por debajo del valor del umbral fueron transformadas a cero, puesto que estos valores no reflejan el nicho adecuado para que la especie esté presente. Los resultados proyectados en Ecuador fueron validados únicamente en áreas donde las condiciones biofísicas estén dentro del rango del área de calibración, para evitar falsas proyecciones (ver detalles en Thuiller *et al.*, 2004).

A más de proyectar el modelo de Norteamérica a Ecuador, se creó otro modelo de distribución potencial de la especie complementario (Modelo 2), utilizando como datos de ocurrencia de la especie registros obtenidos en recientes investigaciones y sondeos en el Ecuador (Ortega, 2007; Rodríguez *et al.*, 2003), siguiendo los mismos pasos de construcción y evaluación del modelo anterior. Finalmente, se combinaron los Modelos 1 y 2 para obtener un único mapa de la distribución geográfica potencial para la especie en el Ecuador y fue contrastado con los polígonos de distribución de rana toro derivados de los datos del All Amphibians 2008 con el objetivo de observar relaciones. Dicha base de datos contiene información de la distribución de 6156 especies de anfibios con mapas en formato vector, que fueron desarrollados como parte de una extensa evaluación de los anfibios del mundo coordinado por la UICN en colaboración con Conservación Internacional y NatureServe, cuyo objetivo es brindar información para planes de conservación y otros procesos de decisión.

RESULTADOS

Para el Modelo 1, con las localidades de ocurrencia que corresponden a la distribución original de rana toro, MaxEnt proyectó para el Ecuador un modelo con un AUC de 0.981. En la Figura 1, se observa una predicción del nicho de esta especie hacia la parte oeste del Ecuador con altos valores de idoneidad en las estribaciones occidentales de la cordillera los Andes, con énfasis en las provincias de Santo Domingo de los Tzáchilas, Cotopaxi y Los Ríos. Se predicen también algunas machas en la región Amazónica, pero con bajos valores en las provincias de Francisco de Orellana y entre Morona Santiago y Pastaza. La mayor parte de la región Andina y Amazónica quedan fuera del rango de calibración del modelo de distribución nativa de la especie.

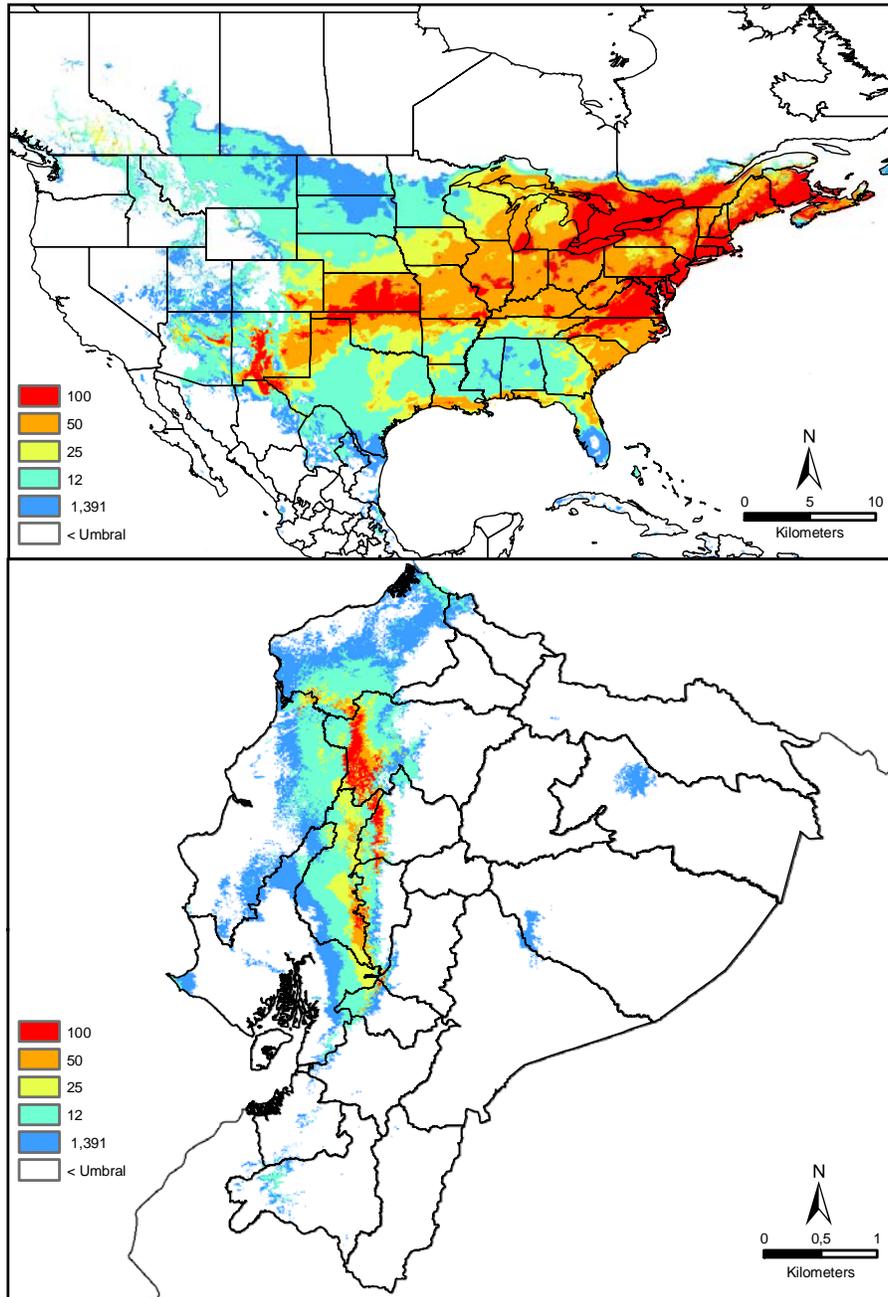


Figura 1. Distribución geográfica potencial de *Lithobates catesbeianus* en Norteamérica como resultado del modelamiento en MaxEnt utilizando registros de ocurrencia dentro del rango nativo de la especie (arriba). Proyección de la distribución potencial de *L. catesbeianus* en Ecuador (abajo). Los colores más fríos (de azul a verde) corresponden a bajos valores de idoneidad de nicho mientras que los colores más cálidos (del rojo al amarillo) sugieren altos valores de idoneidad de nicho.

Para el Modelo 2, con las localidades de ocurrencia que corresponden a la distribución no nativa de rana toro en Ecuador, MaxEnt generó un modelo con un AUC de 0.960. La Figura 2, muestra a las zonas con más idoneidad para la especie a las provincias de Zamora Chinchipe, Pastaza, Napo y Morona Santiago para la región Amazónica. Mientras que en la región costera existen zonas con valores de menor idoneidad en las Provincias de Santo Domingo de los Tzáchilas, Los Ríos, Manabí y Esmeraldas. En la mayor parte de la región Andina no se predicen condiciones favorables para la ocurrencia de la especie.

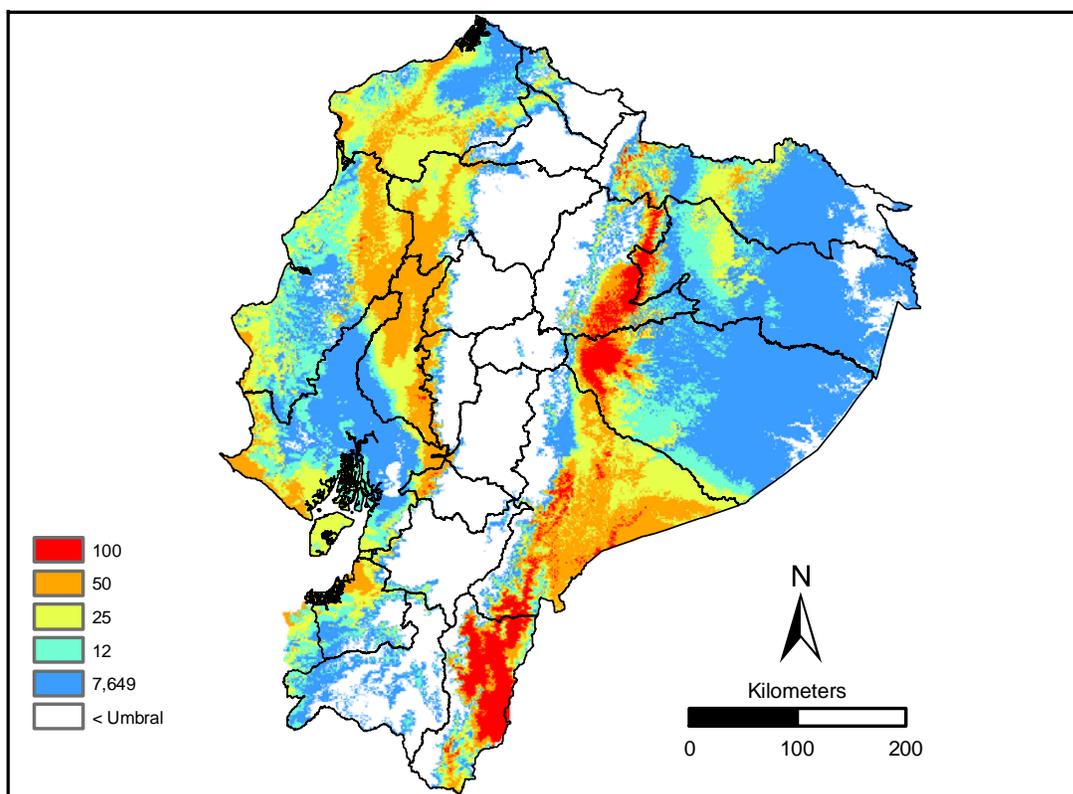


Figura 2. Modelo del nicho ecológico de *L. catesbeianus* para Ecuador a partir de datos de ocurrencia de individuos no nativos. Los colores más fríos corresponden a bajos valores de idoneidad de nicho mientras que los colores más cálidos sugieren altos valores de idoneidad de nicho.

El proceso de evaluación tanto para el Modelo 1 como para el Modelo 2 muestran valores de AUC mayores a 0.7 en el entrenamiento y en la evaluación, excepto en las repeticiones número 5, 7 y 8 del Modelo 2, donde los valores de AUC indican una baja exactitud en la predicción (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la evaluación de los Modelos creados con todas sus repeticiones y sus respectivos valores de AUC.

Repetición	Modelo 1		Modelo 2	
	AUC entrenamiento	AUC evaluación	AUC entrenamiento	AUC evaluación
<i>L. catesbeianus_1</i>	0.953	0.858	0.951	0.970
<i>L. catesbeianus_2</i>	0.957	0.796	0.955	0.793
<i>L. catesbeianus_3</i>	0.951	0.840	0.946	0.930
<i>L. catesbeianus_4</i>	0.953	0.836	0.946	0.935
<i>L. catesbeianus_5</i>	0.947	0.884	0.969	0.632
<i>L. catesbeianus_6</i>	0.955	0.799	0.901	0.810
<i>L. catesbeianus_7</i>	0.950	0.853	0.779	0.683
<i>L. catesbeianus_8</i>	0.954	0.825	0.965	0.675
<i>L. catesbeianus_9</i>	0.953	0.785	0.956	0.723
<i>L. catesbeianus_10</i>	0.951	0.812	0.960	0.820
Promedio	0,952	0.829	0.933	0.797

El mapa final de distribución geográfica potencial de *L. catesbeianus* en el Ecuador (Figura 3) resulta de la combinación de los modelos 1 y 2. En este mapa no se utilizan umbrales, puesto que se están combinando dos modelos con resultados estadísticos diferentes. Se distinguen tres áreas con altos valores de idoneidad: una hacia el noroeste y centro de la región costera, otra hacia el extremo sur de la Amazonía y la zona centro norte de la misma. No existen sitios idóneos en la zona Andina ecuatoriana, en el litoral y gran parte de la Amazonía hacia la frontera Colombo-Peruana.

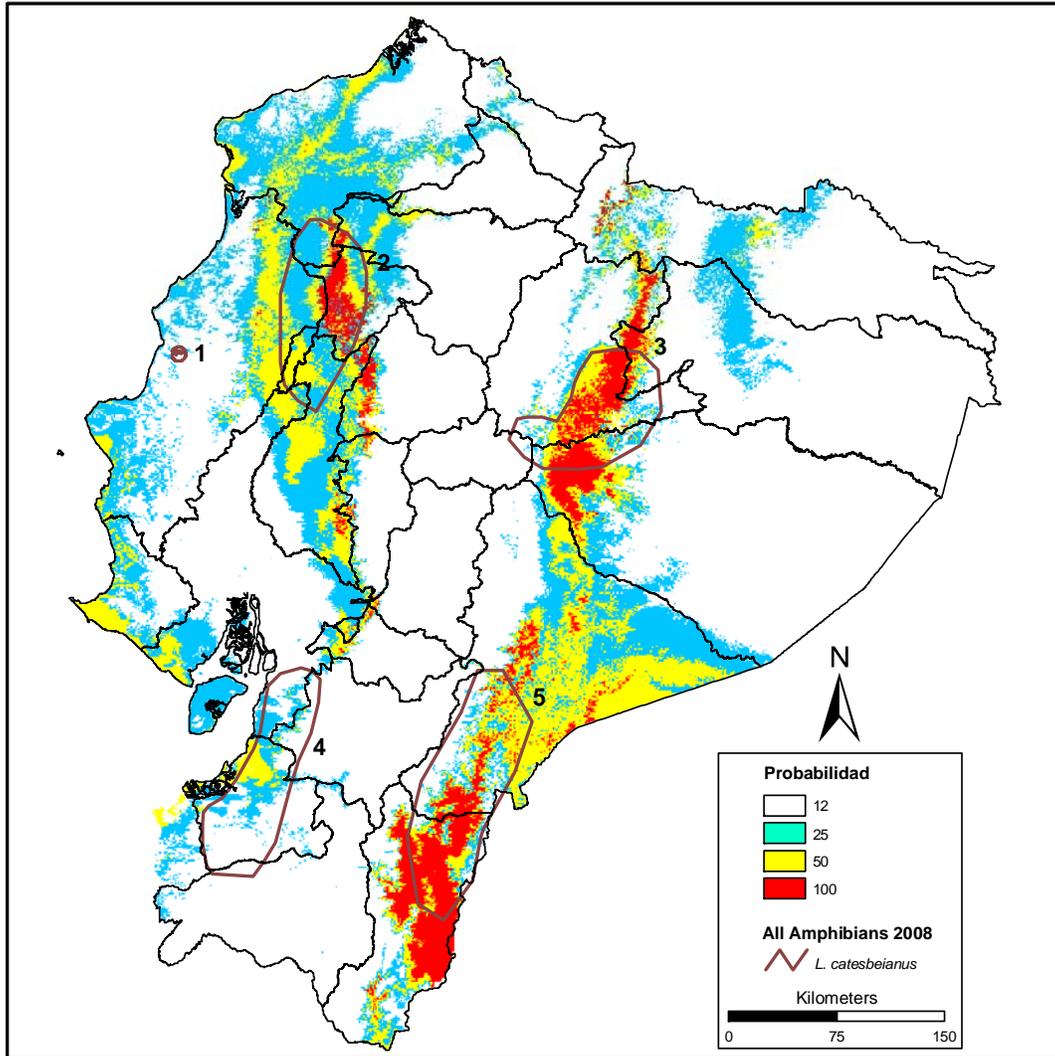


Figura 3. Modelo final de distribución potencial de *L. catesbeianus* para Ecuador a partir de la unificación de los Modelos 1 y 2. Los colores más fríos corresponden a bajos valores de idoneidad de nicho mientras que los colores más cálidos sugieren altos valores de idoneidad de nicho. Los polígonos mostrados con línea azul corresponden a la distribución de rana toro según el All Amphibians 2008.

Al contrastar el modelo final con el mapa de distribución geográfica propuesto por el All Amphibians 2008, se puede observar alta coincidencia entre la predicción y los polígonos 2, 3 y 5 con valores de probabilidad que van de 0 a 100. Para el polígono 4 se tiene una coincidencia relativamente baja con valores de probabilidad de 0 a 25 y

finalmente en el polígono 1 existen coincidencias mínimas con el modelo final de distribución geográfica potencial de rana toro.

La creación del Modelo 2 da como resultado una imagen donde se muestra la influencia de las variables ambientales (Fig. 4). La variable ambiental con mayor ganancia cuando se utiliza de forma aislada es la altitud, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que disminuye la ganancia de la mayoría cuando se omite es precipitación anual (12), que consecuentemente, parece tener la mayoría de la información que no está presente en las demás variables.

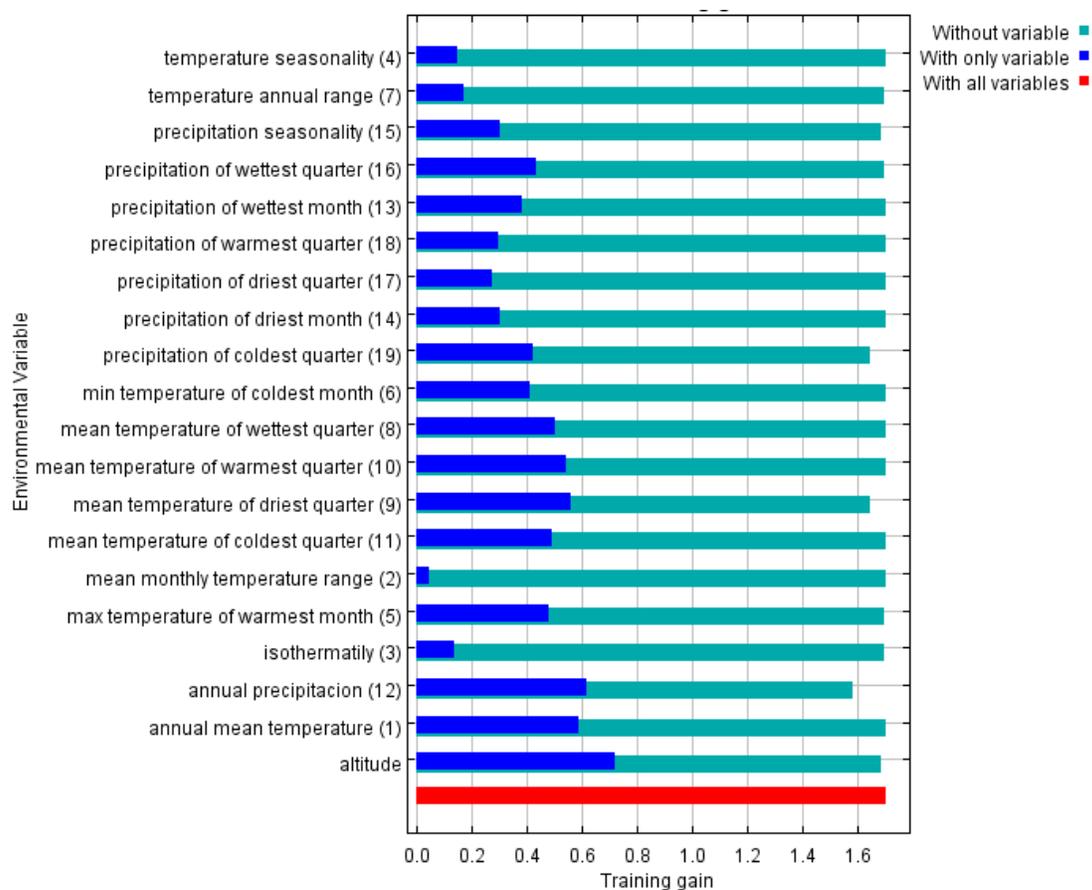


Figura 4. Análisis de la contribución de las variables en la distribución potencial de *L. catesbeianus* en el Ecuador

DISCUSIÓN

Las especies invasoras son una de las amenazas más significativas para las comunidades nativas (Begon *et al.*, 1996) en un sin número de formas, incluyendo predación, competencia, entrecruzamiento e incluso con la introducción de agentes patógenos o parásitos que causan enfermedades y, en algunos casos, la muerte. Refiriéndose a este último causal, en 1998 se identificó una enfermedad llamada chytridiomycosis (infección micótica en la piel) causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* reconocido en varias especies de anfibios como portadores incluida la rana toro, en esta última no se desarrolla la enfermedad (Daszak *et al.*, 2004), la cual se cree que es la razón del alarmante declive poblacional de anfibios; en el Ecuador la posible extinción de un anuro endémico llamado Jambato (*Atelopus ignescens*) pudo haberse causado por este patógeno (Freire, 2006)

Para poder analizar y comparar los modelos realizados, es de mucha utilidad tener claro cuáles son los requerimientos de hábitat que demanda la rana toro, por ejemplo, la disponibilidad de agua y presencia permanente de humedad son características ambientales necesarias para su ocurrencia (Graves & Anderson, 1987; Skelly *et al.*, 1999; Maret *et al.*, 2006), pues la especie requiere agua permanente para su reproducción. Es notable la relación positiva que existe entre la distribución de la rana y la temperatura máxima, se predice que la especie se encuentra en zonas con temperaturas mayores a 20°C (Ficetola *et al.*, 2007). La rana toro es considerada como una especie adaptada al calor (Bachmann, 1969), los adultos son generalmente inactivos debajo de los 15°C (Viparina & Just, 1975; Harding, 1997). Las altas temperaturas durante el verano (sobre 26°C) son preferidos por los adultos y es considerada la clave para determinar la idoneidad para la rana toro (Lillywhite, 1970; Graves & Anderson, 1987).

Ahora, el modelo elaborado a partir de la proyección (Modelo 1) presenta una ausencia de predicción casi total en la amazonia ecuatoriana puesto que las áreas tropicales en general poseen una combinación de variables ambientales que no se asemejan a las condiciones de la distribución nativa de rana toro (Harley *et al.*, 2006) lo que es

contradictorio al saber que la ranicultura tiende a desarrollarse principalmente en la Amazonía (Ortega, 2007), identificándose un gran vacío en el modelo proyectado.

Por tal motivo se creó un nuevo modelo a partir de datos de ocurrencia de la especie en el Ecuador, donde se evidencia altas predicciones en la Amazonía, lo que es lógico puesto que se afirman dos zonas climáticas: clima amazónico húmedo y clima amazónico semi-húmedo (INAMHI [sin fecha, a]) donde la precipitación y humedad altas son características de la zona y son medios idóneos para la ocurrencia de la especie, además las zonas de la Amazonía que colindan con los flancos orientales de la cordillera de los Andes están consideradas dentro del “hotspot” Andes Tropicales (INAMHI [sin fecha, b]) cuyas características originan un alto endemismo en cuanto a anfibios proponiendo que sus condiciones ambientales son favorables para la ocurrencia de rana toro.

Con los resultados obtenidos en la evaluación del modelo unificado se evidencia una relación directa que existe entre la posible distribución de rana toro en Ecuador con las variables ambientales más significativas que son la altitud, la temperatura promedio anual y la precipitación promedio anual (Figura 4), además esta especie necesita abundante agua para todos sus estados (huevo, larva y adulto) (US Fish and Wildlife Service, 1987) teniendo relación directa con la precipitación, concibiendo así que las condiciones ambientales de las áreas propuestas por el modelo son las más idóneas.

Es notorio que los modelos 1 y 2 coinciden en la bajísima probabilidad de presencia de rana toro a lo largo de la cordillera de los Andes desde su extremo norte (Prov. del Carchi) hasta su extremo sur (Prov. de Loja) debido a que su temperatura anual promedio es de 12 a 18°C (INAMHI [sin fecha]), lo cual influye fuertemente en la predicción de rana toro pues dicha especie se presenta a temperaturas superiores a los 20°C (Ficetola *et al.*, 2007). Ahora, los Modelos 1 y 2 concuerdan perfectamente en la distribución geográfica potencial de rana toro en la zona de la costa ecuatoriana, específicamente en las estribaciones noroccidentales de la cordillera de los Andes pertenecientes a las provincias de Santo Domingo de los Tzáchilas, Los Ríos, Esmeraldas y Manabí debido a que la temperatura promedio de la costa es de 26°C (Worldclim) concordando con el requerimiento de temperatura descrita anteriormente.

El modelo unificado (Modelos 1 y 2) proporciona un panorama general de la distribución geográfica de rana toro en Ecuador, observándose como zonas de alta idoneidad la costa ecuatoriana, específicamente en las estribaciones noroccidentales de la cordillera de los Andes pertenecientes a las provincias de Santo Domingo de los Tzáchilas, Los Ríos, Esmeraldas y Manabí debido a que la temperatura promedio de la costa es de 26°C (Worldclim) concordando con el requerimiento de temperatura de la especie descrita anteriormente. Igualmente, existen otras zonas con alta idoneidad en la Amazonía o Región Oriental ecuatoriana, particularmente en las Provincias de Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, ésta última provincia posee la mayor actividad de zonas de crianza de rana toro, ubicándose 16 ranarios hasta el 2006 (Ortega, 2007), por tal motivo se evidencian altas probabilidades de presencia. Es de gran importancia reconocer el tipo de clima que tiene el oriente ecuatoriano, caracterizado por ser cálido y húmedo con una temperatura promedio anual de 22,2 °C y precipitaciones de 297 mm de promedio mensual (Worldclim) sugiriendo de ésta manera que sus condiciones son propicias para ocurrencia de rana toro pues al realizarse el análisis de variables se menciona que las variables ambientales más influyentes en la distribución potencial son la altitud, temperatura promedio anual y precipitación anual (Figura 4).

La relación que existe entre el modelo de distribución potencial propuesto en esta investigación y los polígonos propuestos en el AllAmphibians 2008 es de gran representatividad, observándose grandes concordancias en los polígonos 2, 3 y 5 con las zonas de alta idoneidad del modelo unificado sugiriendo que el modelo elaborado en esta investigación tiene un apreciable grado de veracidad. Un fenómeno muy particular sucede en el pequeño polígono 1 puesto que se trata de un solo punto de ocurrencia dentro de una isla en la zona de Bahía de Caráquez donde la posible distribución de la especie se ve limitada. Todo esto sugiere que el modelo unificado propuesto se acerca mucho a la realidad de la distribución real de la rana toro. Las predicciones dentro del polígono 4 coinciden con predicciones en un nivel más bajo pero aun considerable.

Es de gran importancia la relación que existe entre el modelo predictivo de distribución de rana toro con zonas consideradas hotspots las cuales son áreas de gran riqueza de

plantas y vida animal en el mundo y también zonas muy amenazadas. En el caso de las predicciones ubicadas en áreas de las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes concuerda con el hotspot de biodiversidad denominado Andes Tropicales donde las especies invasoras amenazan la flora y fauna nativa, en especial la rana toro la cual compete o incluso puede alimentarse de muchos anfibios nativos (Conservation International [sin fecha, a]). De la misma manera se predijo distribuciones dentro del hotspot de biodiversidad Tumbes-Chocó Magdalena el cual actualmente se encuentra gravemente amenazado por presiones humanas a lo largo de la costa ecuatoriana (Conservation International [sin fecha, b]).

Una variedad de impactos causados por especies invasoras dentro de reservas naturales fueron descritos por Macdonald *et al.*, (1989), por consiguiente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador o SNAP no es la excepción. Es poco controlable el hecho de que las especies invasoras pueden soltarse, deliberada o accidentalmente, dentro de un área protegida o sencillamente puede instalarse en zonas circundantes, o zonas de amortiguamiento. Por ejemplo, en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas que forman parte de la Reserva de Biosfera Podocarpus-El Cónдор: Parque Nacional Podocarpus, Parque Binacional El Cónдор, Refugio de Vida Silvestre El Zarza y la Reserva Biológica El Quimi se encuentran el 66% de los puntos de ocurrencia de rana toro en el Ecuador, pues en esas zonas la ranicultura tiene mucho apogeo como muestra los puntos en el mapa del *Anexo 1*. El modelo predice altas probabilidades en estas zonas, conjeturando que el peligro de invasión por rana toro es igualmente significativo. Es relevante el hecho que se trata de zonas de vida catalogadas por la UNESCO como Reserva de Biosfera por sus cualidades excepcionales de flora y fauna, lo cual prioriza el control en de la crianza de esta especie, en aspectos que conciernen a infraestructura particularmente, pues es conocido que la actividad es desarrollada artesanalmente. Adicionalmente, es necesario establecer donde se encuentran los ranarios y como se los está manejando, para tener una idea general de la situación en todo el Ecuador.

Se espera que el mapa de distribución potencial de *L. catesbeianus* propuesto brinde un marco hipotético para futuras investigaciones comparativas de la dinámica poblacional en las zonas donde el modelo predice ocurrencias. Sin embargo, los

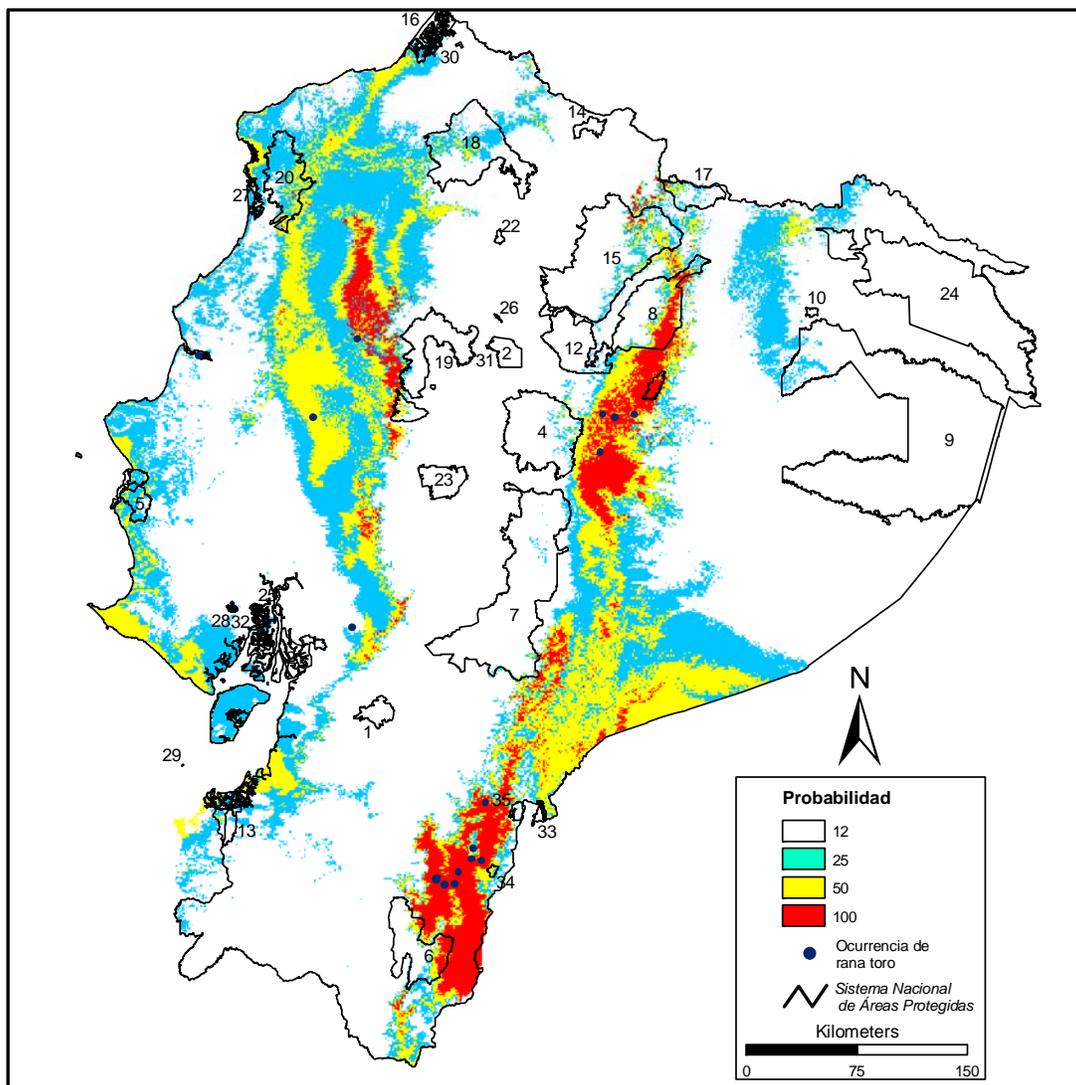
presentes modelos deberían ser calibrados antes de usarlos como herramientas para planes de conservación y manejo de reservas, la cual es una situación común en ejercicios de modelamiento predictivo de distribución (Merrill *et al.*, 1999; Palma *et al.*, 1999; Whittingham *et al.*, 2003).

A más, si se asume que el mapa de distribución predictivo propuesto es una aproximación para invasiones biológicas potenciales, el sur oriente de Ecuador debe ser considerado especialmente sensible porque esta zona pertenece a la Reserva de Biosfera Podocarpus El Cónдор donde la acuicultura de la rana toro es más generalizada y numerosa (Ortega, 2007), a más de eso existe una relación positiva entre la rana toro y las actividades humanas corroborando que esta especie puede tomar ventaja de la modificación de la tierra y del aumento de estanques creados por dichas alteraciones (Rubbo & Kiesecker, 2005; Maret *et al.*, 2006), por tal motivo se recomienda que al elaborar mapas predictivos de distribución utilizando variables ambientales se adicionen también variables relacionadas con la actividad humana.

Finalmente, en áreas donde existe más riesgo, actividades de educación deben realizarse para evitar nuevas introducciones, un estricto monitoreo debe ser realizado lo más pronto posible cuando sea detectado nuevas poblaciones introducidas, ejecutando si es necesario, su erradicación inmediata. Adicionalmente, es prioridad aplicar la prevención, detección temprana de invasoras y responder rápidamente al problema.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) y la Distribución Potencial de *Lithobates Catesbeianus* en el Ecuador.



Anexo 2. Listado de Áreas Protegidas del Ecuador según el SNAP

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL ECUADOR		
Número	Nombre	Categoría
1	El Cajas	Parque Nacional
2	Cotopaxi	Parque Nacional
3	Galápagos	Parque Nacional
4	Llanganates	Parque Nacional
5	Machalilla	Parque Nacional
6	Podocarpus	Parque Nacional
7	Sangay	Parque Nacional
8	Sumaco Napo Galeras	Parque Nacional
9	Yasuní	Parque Nacional
10	Limoncocha	Reserva Biológica
11	Galápagos	Reserva Biológica Marina
12	Antisana	Reserva Ecológica
13	Arenillas	Reserva Ecológica
14	El Ángel	Reserva Ecológica
15	Cayambe Coca	Reserva Ecológica
16	Manglares Cayapas Mataje	Reserva Ecológica
17	Cofán Bermejo	Reserva Ecológica
18	Cotacachi Cayapas	Reserva Ecológica
19	Illinizas	Reserva Ecológica
20	Mache Chindul	Reserva Ecológica
21	Manglares Churute	Reserva Ecológica
22	Pululahua	Reserva Geobotánica
23	Chimborazo	Reserva de Producción Faunística
24	Cuyabeno	Reserva de Producción Faunística
25	Manglares El Salado	Reserva de Producción Faunística
26	Pasochoa	Refugio de Vida Silvestre
27	Ecosistema Manglar	Refugio de Vida Silvestre
28	Isla Corazón	Refugio de Vida Silvestre
29	Isla Santa Clara	Refugio de Vida Silvestre
30	La Chiquita	Refugio de Vida Silvestre
31	El Boliche	Área Nacional de Recreación
32	Parque Lago	Área Nacional de Recreación
33	El Cóndor	Parque Binacional
34	El Zarza	Refugio de Vida Silvestre
35	El Quimi	Reserva Biológica

Anexo 3. Individuo adulto de la especie *Lithobates Catesbeianus* o rana toro.



BIBLIOGRAFÍA

- Astudillo J (2002) Proyecto para la instalación de un ranario: Industrialización de sus derivados con el mercado de los EEUU.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR (1996) Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Black JH (1969) The frog genus *Rana* in Montana. Northwest Science, 43, 191–195.
- Bruening S (2002) *Rana catesbeiana*. In: Animal diversity Web. University of Michigan Museum of Zoology. <http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Ranacatesbeiana.html>. Citado 24 noviembre 2008.
- Daszak P, Striebay A, Cunningham A, Longcore J, Brown C, & D Porter (2004) Experimental evidence that the Bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of Chytridiomycosis, an emerging fungal disease of Amphibians. Herpetological Journal, 14, 201 – 207.
- Casares P (1992) Informe sobre el desarrollo del Forum “Análisis de la ranicultura en el Ecuador”. Fundación Herpetológica del Gustavo Órces. Quito, Ecuador.
- Casas GA, Aguilar XM & Cruz RA (2001) La introducción y cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*). ¿Un atentado a la biodiversidad de México?. [en línea]. Marzo 2001. <http://ergosum.uaemex.mx/marzo01/casas.html>
- Cohen NW (1975) California anurans and their adaptations. Terra, 13, 6–13.
- Convention on Biological Diversity (2003) www.cdb.int/. Citado 29 mayo 2009.
- Conservation International (sin fecha, a) Biodiversity Hotspots. <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/andes/Pages/default.aspx>. Citado el 29 mayo 2009.
- Conservation International (sin fecha, b) Biodiversity Hotspots. http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/tumbes_choco/Pages/default.aspx. Citado el 29 mayo de 2009.
- Elith J, Graham CH *et al* (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecology, 29, 129-151.

English Nature (2000) Bullfrog Alert!. [en línea]
<http://www.englishnature.org.uk/news/story.asp?ID=220>.

Ficetola GF, Thuiller W, Miaud C (2007) Prediction and validation of the potencial global distribution of a problematic alien invasive species –the American Bullfrog. *Diversity and Distributions*, 13, 476-485.

Freire D, Fernández C & Nogales F (2006) Análisis del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd., en las poblaciones de anfibios de 8 localidades de los andes sur del Ecuador.

Fielding AH & Bell JF (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation precense/absence models. 24, 38-49.

Gallardo G (2004) Cría de una rana nativa de la Amazonía Ecuatoriana. Centro Tecnológico de Recursos Amazónicos.

Giovanelli GR, Haddad FB & Alexandrino J (2007) Predicting the potencial distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil.

GISP (The Global Invasive Species Programme) (2007) Invasive Alien Species and Protected Areas: A Scoping Report, Part I.

Graves BM & Anderson SH (1987) Habitat suitability index models: bullfrog. Fish and Wildlife Service Biological Report 82.

Guisan A & Thuiller W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993-1009.

Guisan A, Graham CH, Elith J, Huettmann F & NCEAS Species Distribution Modelling Group (2007) Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13, 332-340.

Hammerson GA (1982) Bullfrog eliminating leopard frog in Colorado. *Herpetology Review*, 13, 115–116.

Harding JH (1997) Amphibians and reptiles of the great lakes region. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.

- Hartley S, Harris R & Lester PJ (2006) Quantifying uncertainty in the potential distribution of an invasive species: climate and the Argentine ant. *Ecology Letters*, 9, 1068–1079.
- Hayes MP & Jennings MR (1986) Decline of ranid frogs species in western North America: are bullfrog (*Rana catesbeiana*) responsible?. *Journal of Herpetology*, 20, 490–509.
- Hecnar SJ & M'Closkey RT (1997) Change of the composition of a ranid frog community following bull-dog extinction. --*American Midland Naturalist*, 137, 145-150.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- Hijmans RJ, Guarino L, Rojas E (2002) DIVA-GIS. A geographic information system for the analysis of biodiversity data. Manual—International Potato Center, Lima.
- INAMHI (sin fecha, a) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/eclimaticos_caracteristicas.htm). Citado el 19 abril 2009.
- INAMHI (sin fecha, b) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/andes/Pages/default.aspx>. Citado el 19 abril 2009.
- INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente) (1991) Acuerdo #0042. Emitido el 9 de agosto de 1991. Ministerio de Agricultura. Bogotá, Colombia.
- Jameson DL (1956) Growth, dispersal and survival of the Pacific tree frog. *Copeia* 1956, 1, 25–29.
- Laufer G, Cavanero A, Nuñez D & Maneiro R (2007) Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasion in Uruguay, 1183–1189.
- Lillywhite HB (1970) Behavioral temperature regulation in the bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Copeia*, 1970, 158–168.

- Lowe S, Browne M, Boudjelas S & De Poorter M. (2004) 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. (ed. by GEEI, UICN).
- Macdonald IA, Loope LL, Usher MB & Hamann O (1989) Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: a global perspective. *Biological Invasions: a global perspective*, 215-255.
- Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M & Bazzaz FA (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10, 689-710.
- Maret TJ, Snyder JD. & Collins JP (2006) Altered drying regime controls distribution of endangered salamanders and introduced predators. *Biological Conservation*, 127, 129–138.
- Metadata All Amphibians (2008) METADATA, Digital Distribution Maps of the Amphibians of the World. Version 1.0. www.iucnredlist.org/amphibians. Citado el 28 marzo 2009.
- Matthews S, & Brand K. 2004 Africa Invaded - the growing danger of invasive alien species. GISP, South African National Biodiversity Institute, Cape Town, South Africa.
- Matthews S, 2004 Tropical Asia invaded - the growing danger of invasive alien species. GISP, South African National Biodiversity Institute, Cape Town, South Africa.
- Merrill T, Mattson DJ, Wright RG & Quigley HB (1999) Defining landscape suitable for restoration of grizzly bears *Ursus arctos* in Adaho. *Biological Conservation*, 87, 231–248.
- Moyle PB (1973) Effects of introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on the native frog of the San Joaquín Valley California. *Copeia* 1973, 1, 18–22.
- Ortega S (2007) Diagnóstico del Estado Actual de los Ranarios y Cultivos de Tilapia en la Provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Palma L, Beja P & Rodríguez M (1999) The use of sighting data to analyze Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Applied Ecology*, 36, 812–824.

- Peterson AT, & Vieglais DA (2001) Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*, 51, 363-371.
- Phillips SJ, Anderson RP, Shapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Reptile Hobbyst (1997) *Bully Sri Lanka*. R & A Quicks, 3, 20.
- Rodríguez G, Vásconez J & Macías H (2003) Desarrollo Técnico, Investigación de Mercado y Comercialización de la Rana Toro en las ciudades de Quito y Guayaquil. ESPOL
- Rosen PC & Schwalbe CR 1995 Bullfrogs: introduced predators in southwestern wetlands. – In: LaRoe, E. T., Farris, G. S., Puckett, C. E., Doran, P. D. & Mc, M. J. (eds.) *Our living sources: a report of the nation on the distribution, abundance, and health of U.S. plants, animals and ecosystem: 452-454*. U.S. Department of the Interior; National Biological Service, Washington.
- Rubbo, M.J. & Kiesecker, J.M. (2005) Amphibian breeding distribution in an urbanized landscape. *Conservation Biology*, 19, 504–511.
- Rueda-Almonacid JV (1999) Situación actual y problemática generada por la introducción de “rana toro” a Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 23, 367–393.
- Skelly DK, Werner EE & Cortwright SA (1999) Long-term distributional dynamics of a Michigan amphibian assemblage. *Ecology*, 80, 2326–2337.
- Stebbins RC & Cohen NW (1995) *A natural history of amphibians*. Princeton Academic Press. New Jersey, USA.
- UICN (1999) *Especies Invasoras Exóticas*. Montreal, Canadá.
- US Fish and Wildlife Service (1987) *Habitat Suitability Index Models: Bullfrog*. Biological Report 82, 10-138. June 1987.
- Viparina S & Just JJ (1975) The life period, growth and differentiation of *Rana catesbeiana* larvae occurring in nature. *Copeia*, 1975, 103–109.

Werner EE, Wellborn GA & McPeck MA (1995) Diet composition in post-metamorphic bullfrogs and green frogs: implications for interspecific predation and competition. *Journal of Herpetology* 29, 4, 600–607.

Whittingham MJ, Wilson JD & Donald PF (2003) Do habitat associations models have any generality? Predicting skylark *Alauda arvensis* abundance in different regions of southern England. *Ecography*, 26, 521–531.

Young BE. (2007) Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia. NatureServe, Arlington.

CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHO DE TESIS

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

Felipe Morejón Villavicencio
TESIS

Ing. Carlos Iñiguez Armijos
DIRECTOR DE TESIS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	PAG.
CERTIFICACION	I
AUTORIA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS	V
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	7
RESULTADOS	10
DISCUSIÓN	16
ANEXOS	21
Anexo 1. Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) y la Distribución Potencial de <i>Lithobates Catesbeianus</i> en el Ecuador.	21
Anexo 2. Listado de Áreas Protegidas del Ecuador según el SNAP.	22
Anexo 3. Individuo adulto de la especie <i>Lithobates Catesbeianus</i> o rana toro.	23
BIBLIOGRAFÍA CITADA	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelamiento.	7
Tabla 2. Resultados de la evaluación de los Modelos creados con todas sus repeticiones y sus respectivos valores de AUC.	13

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica potencial de <i>Lithobates catesbeianus</i> en Norteamérica	11
Figura 2. Modelo del nicho ecológico de <i>L. catesbeianus</i> para Ecuador a partir de datos de ocurrencia de individuos no nativos.	12
Figura 3. Modelo final de distribución potencial de <i>L. catesbeianus</i> para Ecuador a partir de la unificación de los Modelos 1 y 2.	14
Figura 4. Análisis de la contribución de las variables en la distribución potencial de <i>L. catesbeianus</i> en el Ecuador.	15