

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA POTENCIAL DE LA ESPECIE *Cuniculus Paca* EN EL OCCIDENTE DE ECUADOR

POTENTIAL GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE SPECIES *Cuniculus Paca* IN WESTERN ECUADOR

Scarlet Cartaya^{1,2,3,*}, Carlos Anchundia⁴ y Roddy Mantuano^{1,4}

¹ Departamento Central de Investigación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Manta, Ecuador.

² Proyecto Prometeo SENESCYT, Ecuador.

³ Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Centro de Investigaciones Estudios de Medio Físico Venezolano, Caracas, Venezuela.

⁴ Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Manta, Ecuador.

*Autor para correspondencia: scarletcartaya@gmail.com

Manuscrito recibido el 8 de marzo de 2016. Aceptado, tras revisión, el 9 de septiembre de 2016.

Resumen

Para conservar la fauna silvestre neotropical, se debe incrementar el conocimiento sobre su hábitat, por ello el objetivo de esta investigación es identificar la distribución geográfica potencial del hábitat de la *Cuniculus Paca* (guanta), en el occidente de Ecuador. Se utilizó el programa de modelamiento predictivo Maxent para la identificación del hábitat y un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el cruce algebraico de los factores geográficos (geoformas, usos de la tierra y densidad de población). Las variables abióticas que determinan el hábitat son las precipitaciones de trimestre más cálido, el trimestre más seco y el trimestre más frío, así como la altitud. Se identificó un área potencial en el occidente del país de 19.948 Km², que se caracteriza por tener 5% de bosque nativo, 37.18% de colinas, 26.25% de llanuras aluviales y 36% de alta densidad de población. Se concluye que el hábitat óptimo de la especie está muy intervenida por ello se propone como medida de reconstrucción ambiental, el diseño de corredores ecológicos y zonas de amortiguamiento. Maxent es un predictor confiable (AUC de 0.98) que combinado con un SIG se obtiene una distribución geográfica más precisa.

Palabras claves: *Cuniculus Paca*, distribución potencial, Maxent.

Abstract

Neotropical wildlife conservation requires awareness increase of their habitat knowledge. The purpose is identify the potential geographical distribution of the habitat of the *Cuniculus Paca* (guanta) in the western of Ecuador. The Maxent program used for identification of the habitat and Geographic Information System (GIS) for the algebraic crossing of the geographical factors (landforms, land uses and population density). The abiotic variables that determine the habitat are the precipitation of quarter more warm, the quarter more dry and the quarter more cold and the altitude. The potential area of 19.948 Km², which 5 % of native forest, 37.18 % of hills, 26.25 % of alluvial plains and 36 % of high population density. We conclude that the optimum habitat of the species is very involved and it is therefore proposed as a measure of environmental reconstruction the design of ecological corridors and buffer zones. Maxent is a reliable predictor (AUC of 0.98) that combined a with a GIS are obtained a more precise geographic distribution.

Keywords: *Cuniculus Paca*, potential distributions, Maxent program.

Forma sugerida de citar: Cartaya, S., C. Anchundia y R. Mantuano. 2016. **Distribución geográfica potencial de la especie *Cuniculus Paca* en el occidente de Ecuador**. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 24(2):134-149. ISSN: 1390-3799.

1 Introducción

Para la identificación de las áreas geográficas adecuadas para ciertas especies de fauna silvestre neotropical, es necesario tener una mejor comprensión de los parámetros biológicos y ambientales que le son propias. Esto facilita predecir hábitats potenciales, contribuyendo significativamente a aportar mayor información, fundamental para la conservación, mantenimiento y preservación de la biodiversidad, la conectividad ecológica y la prevención de una mayor fragmentación (Arroyo *et al.*, 2013; Dong *et al.*, 2014; Gao y Yu, 2014; León *et al.*, 2014).

La *Cuniculus Paca* (guanta) es un mamífero de la región neotropical, que en Ecuador se localiza en la región noroccidental, estribaciones orientales de la costa, en las estribaciones orientales de la sierra y en la región oriental del país (Cerón, 1995). Se caracteriza por ser solitaria, de patrones nocturnos, alimentarse de frutas, reproducirse una vez por año y una cría a la vez, con predilección por construir madrigueras en sitios densamente forestados, estrechos y cerca de los cursos de agua, es un animal territorial que tiene bien definido su ámbito hogareño (2 a 3 hectáreas) (Smythe, 1987; Posada, 1987; Wainwright, 2002; Tirira, 2007; Bonilla-Morales *et al.*, 2013).

Esta especie según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2009), no está en peligro de extinción, sin embargo en el occidente del Ecuador, está casi amenazada, por múltiples factores, entre los cuales destacan, la pérdida y fragmentación del bosque nativo, por efectos de la deforestación (Tirira, 2007; Tirira, 2011; Pozo, 2013; De Osma Vargas-Machuca *et al.*, 2014), que puede alcanzar aproximadamente 1.015 ha/año en algunos sectores (Cartaya y Zurita, 2015). En la costa ecuatoriana, los bosques naturales dieron paso a actividades productivas, en particular de tipo agrícola y ganadera, quedando muy pocos remanentes de bosques (Pozo, 2013). Además, la guanta es fuente de proteína para la población indígena y rural de la zona, por lo que está sometida a la presión por la cacería para el autoconsumo y comercialización (Gallina *et al.*, 2012; Rodríguez y Ortega, 2012).

A su vez, la guanta es una especie que cumple roles ecológicos en la estructura del hábitat como dispersores de semillas, regulación de microclimas, ciclaje de nutrientes, entre otros, por lo cual su ausencia repercute en la red trófica (De Osma Varga-

s-Machuca *et al.*, 2014). Avanzar en el conocimiento del hábitat de esta especie, es fundamental para establecer esquemas de conservación, por ello el objetivo es identificar la distribución geográfica potencial del hábitat de la *Cuniculus Paca* (guanta), en el occidente de Ecuador, utilizando el programa de modelamiento predictivo Maxent, combinado con un Sistema de Información Geográfica, para así proponer algunas medidas de protección del hábitat de esta especie silvestre.

El modelado espacial predictivo basado en el análisis de los parámetros ambientales, es ampliamente utilizado en los campos de protección del medio ambiente, ecología, planificación de áreas protegidas, entre otros (Yanga *et al.*, 2013; Matyukhina *et al.*, 2014; Yuan *et al.*, 2015). Los modelos de distribución geográfica de las especies, requieren generalmente, datos acerca de la presencia y ausencia de animales, sin embargo, la mayoría de los datos sobre la ausencia de especies son escasos o inexistentes.

Por lo tanto, se necesita algún método de modelado espacial que sólo requiera información sobre la presencia. El programa Maxent, permite analizar la relación entre las ubicaciones de las especies y las características ambientales que determinan la idoneidad general del hábitat para una especie. Este programa es un modelo empírico que emplea un algoritmo de Máxima Entropía (máxima verosimilitud) para la elaboración de los modelos que facilitan la determinación de la distribución espacial de los nichos ecológicos. Se asume que la distribución actual es un buen indicador de los requerimientos ecológicos (Dudik *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2006). Para completar la caracterización se empleó los Sistemas de Información Geográfica, estos resultan una herramienta de gran utilidad que facilita el análisis espacial.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la región del occidente de Ecuador, abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeralda, Guayas, Santa Elena, Los Ríos. Geoastronómicamente, se localiza entre las coordenadas: 1°28'33" y 78°52'11" (norte); 3°03'29" y 79°50'42" (sur); 0°34'335" y 78°25'42" (este); 02°11'46" y 80°59'54" (oeste) (Figura 1).

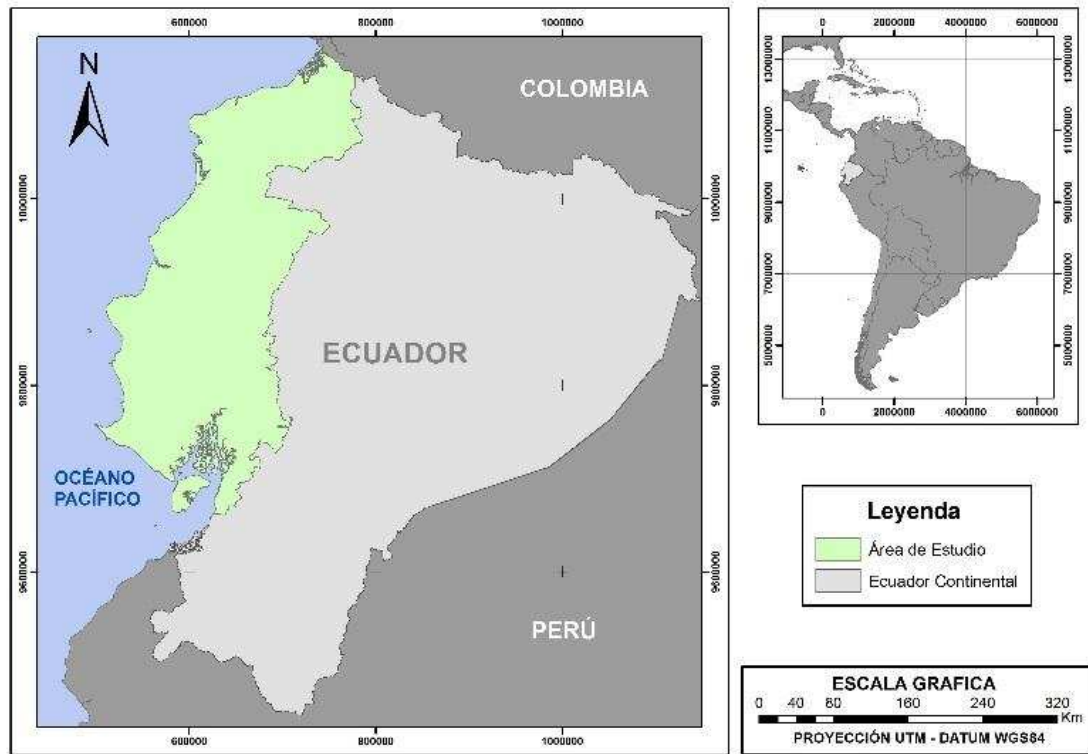


Figura 1. Localización del área de estudio.

Esta zona se encuentra debajo de los 1.300 m.s.n.m., dividiéndose en dos grandes unidades fisiográficas como la cordillera de costa y las tierras bajas. En donde prevalecen las macros unidades geomorfológicas cordillera, piedemonte y llanuras, y estas a su vez, subdivididas en meso relieves de cuesta, vertientes, colinas, montañas, terrazas, playas, llanuras litorales y aluviales. Cabe aclarar que el occidente y noroccidente se extiende por la cordillera costanera conformada por las montañas de Canguillo y Jama, cerros de Cuaque, montañas de Chindul y Mache, cuya altura máxima no pasa de los 800 m. En el sector central por el conjunto de colinas y montañas aisladas de edad terciaria, donde destaca el cerro Montecristi, al sur la cordillera Chongón-Colonche de edad cretácica. Las tierras bajas se caracterizan por un conjunto de medios litorales y aluviales. Al sur, la península de Santa Elena se caracteriza por ser acolinada entre 100 y 200 m y planicies bajas cerca del mar (Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, 1982; Pourrut, 1983; Cerón *et al.*, 1999).

En la costa predominan los climas: tropical me-

gatérmico semi-árido, seco a semi-húmedo y húmedo. El clima tropical megatérmico semi-árido, está limitado a la península de Santa Elena y al cabo San Lorenzo. Es muy seco, con precipitaciones anuales inferiores a 500 mm y temperaturas medias superiores a 23°C. El fenómeno de El Niño, esporádicamente, contribuye a producir precipitaciones excepcionalmente fuertes. En el clima tropical megatérmico seco a semi-húmedo, la precipitación anual está comprendida entre 500 y 1.000 mm entre diciembre y mayo. La estación seca es muy marcada y las temperaturas medias son elevadas, superiores a 24°C. La vegetación está principalmente constituida por un bosque seco con dominancia de ceibos. En el clima tropical megatérmico húmedo los totales pluviométricos anuales varían, generalmente, entre 1.000 y 2.000 mm, con algunos valores mayores en las estribaciones de la cordillera. Las lluvias están concentradas de diciembre a mayo, siendo seco el resto del año. Las temperaturas medias fluctúan alrededor de 25°C y la humedad varía entre 70 y 90%. Este clima abarca una faja un poco inferior a 100 Km de ancho que parte de la Costa Norte para desapa-

recer a nivel del Golfo de Guayaquil (Pourrut, 1983).

La vegetación varía según los tipos climáticos, predominando en la región el matorral seco, el bosque deciduo y piemontano. El matorral seco está restringido al margen de la costa en el centro de Ecuador. En algunas áreas, hierbas introducidas para la crianza de ganado han reemplazado a las plantas nativas. En los hábitats más secos, son dominantes las cactáceas y otras plantas espinosas. En el bosque deciduo los árboles generalmente son menores a 20 m de alto y hay un sotobosque que puede ser denso, con plantas herbáceas abundantes. Algunas especies de árboles pierden sus hojas durante la época seca. El impacto humano en esta región ha sido severo. En el bosque piemontano, el dosel del bosque alcanza 30 m o más y los árboles están cubiertos por musgos, orquídeas, bromelias, y helechos. El endemismo de las plantas es alto, especialmente entre 0 y 3 grados de latitud sur (Cerón, 1995; Cerón *et al.*, 1999).

2.2 Preparación de archivo de puntos

Los datos de ubicación de individuos fueron reportados por Griffith, (2014), se trata de un área de 1500 Km² en el centro-norte de la provincia de Manabí, que se caracteriza por contener remanentes de bosque nativo, rodeado de una matriz perturbada en mayor grado, con diferentes tipos de uso de suelo, como:

- a) silvopastoril,
- b) agroforestal y
- c) forestal.

El registro consistió de 157 individuos llevado desde junio 2012 a noviembre de 2013. Estos datos se incorporaron en el SIG, para obtener la localización geográfica sobre un sistema de coordenadas de donde fueron observados con cámaras trampa. Luego, estos datos se organizaron en formato Excel, de donde se extrajo una tabla dinámica. Esta última se transformó en un archivo con formato .csv; este tiene tres columnas identificadas: nombre de la especie (*Cuniculus Paca*), longitud (x) y latitud (y), donde todos los datos están separados por comas.

2.3 Preparación de datos ambientales de entrada

Los datos de entrada requeridos por el programa Maxent, son un conjunto de variables físicas y ambientales, que son necesarias para determinar la distribución geográfica de la especie en estudio. Para ello se descargaron las coberturas de la página web de la WorldClim (versión 1.4), estas son un conjunto de capas climáticas a escala mundial. Se seleccionaron las coberturas referidas a Bioclima y elevación, de 10 minutos de resolución en formato ESRI, datum WGS84.

Las coberturas bioclimáticas están constituidas por 19 variables biológicamente significativas que inciden en la distribución de la especie, estas son:

BIO1 = temperatura media anual;

BIO2 = rango medio diurna (media mensual de máxima temperatura – mínima temperatura);

BIO3 = isothermalidad (BIO2/BIO7) × 100;

BIO4 = temperatura estacional (desviación estándar × 100);

BIO5 = temperatura máxima del mes más caliente;

BIO6 = temperatura mínima del mes más frío;

BIO7 = rango anual de temperatura (BIO5 – BIO6);

BIO8 = temperatura media del estado más húmedo;

BIO9 = temperatura media de estado más seco;

BIO10 = temperatura media del estado más caliente;

BIO11 = temperatura media del trimestre más frío;

BIO12 = precipitación anual;

BIO13 = precipitación del mes más húmedo;

BIO14 = precipitación del mes más seco;

BIO15 = estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación);

BIO16 = precipitación del trimestre más húmedo;

BIO17 = precipitación del trimestre más seco;

BIO18 = precipitación del trimestre más cálido y

BIO19 = precipitación del trimestre más frío.

Estas conforman un conjunto de factores abióticos que afectan la distribución de la especie.

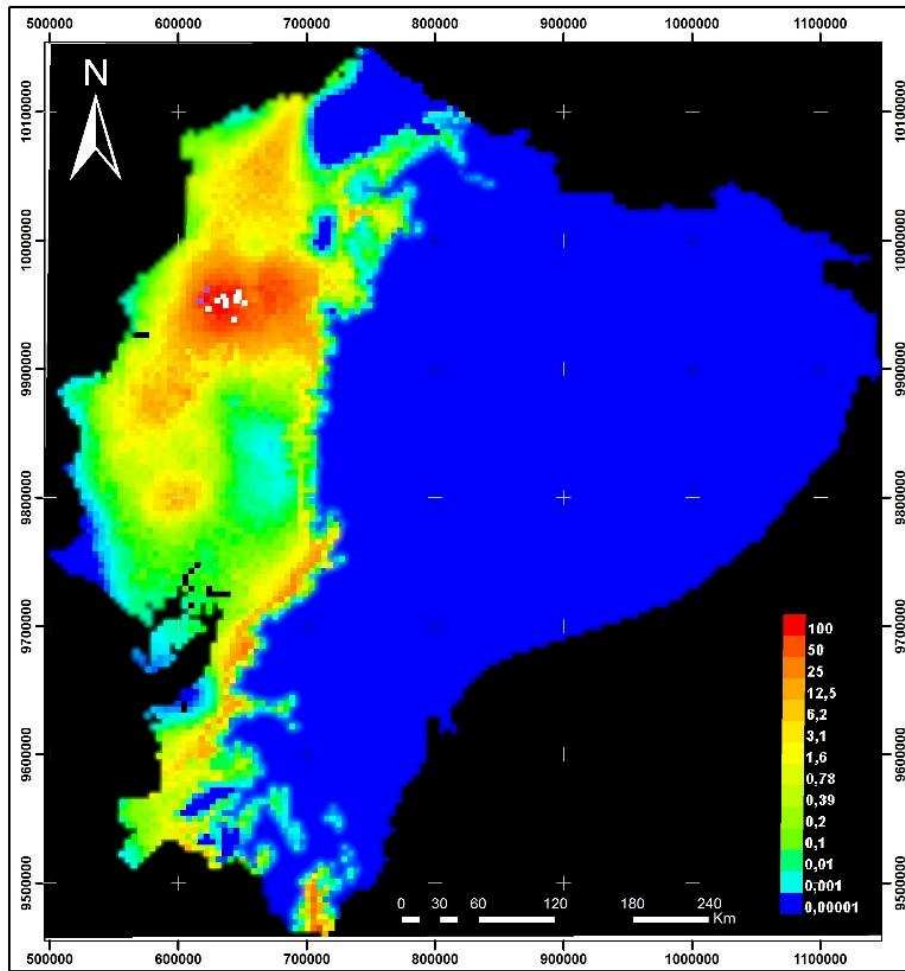


Figura 2. Modelo de distribución geográfica potencial de la *Cuniculus Paca* en el occidente de Ecuador.

2.4 Procesamiento en el SIG

Con un Sistema de Información Geográfica como herramienta, las capas de Bioclim y de elevación descargadas, se procedió a extraer la zona de interés en cada una de las 20 variables, para el caso se consideró Ecuador continental como máscara, de esta manera se minimiza el tamaño de los archivos. Posteriormente, se convierte cada archivo raster tipo grid en un archivo de texto ASCII. Como estos archivos pierden la proyección cartográfica, se re-proyectaron al sistema WGS84/UTM-ZS-17.

2.5 Modelamiento

Se empleó el Maxent porque es un algoritmo basado en la presencia de la especie que permite predecir

su distribución geográfica (Phillips *et al.*, 2006). Para ello se descargó el programa de la página web de la Universidad de Princeton, se requirió la instalación del lenguaje JAVA versión 1.4 en el ordenador.

Se introduce el archivo con las 157 muestras de la *Cuniculus Paca* y la carpeta con las 20 variables ambientales (19 bioclimáticas y 1 de elevación), se seleccionó al azar 25% de los puntos de muestreo para la evaluación del modelo, así como el Jackknifing para evaluar la contribución relativa de cada variable en el modelo, bootstrap para el remuestreo, de esta manera se disminuye el sesgo de la muestra; y el área bajo la curva (AUC) para evaluar la aptitud del modelo y rendimiento. Se modeló con los tres formatos de salida, sin embargo para la interpretación se utilizó el acumulativo, por ser para el

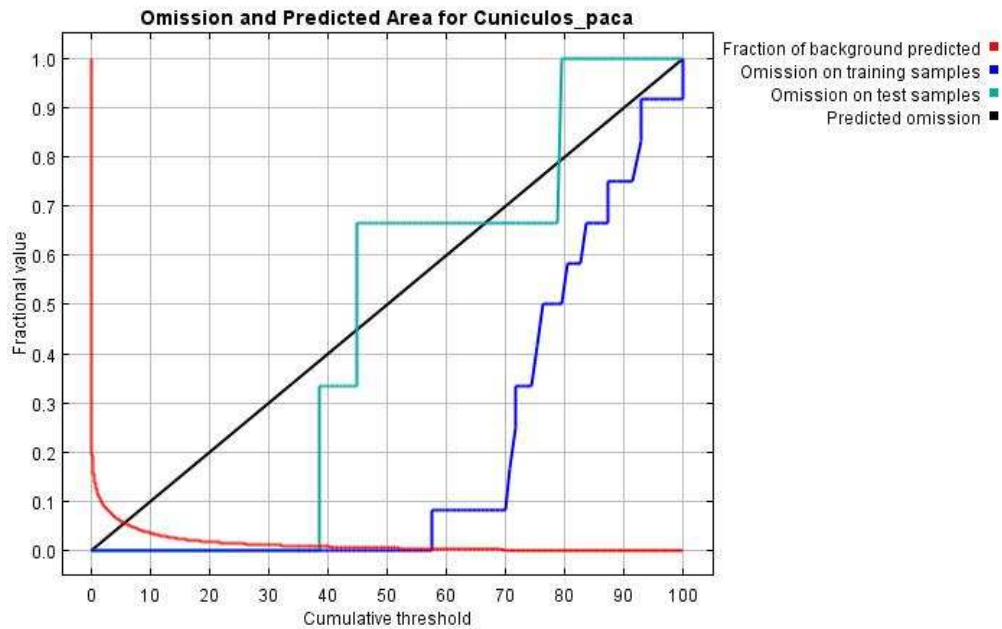


Figura 3. Tasa de omisión y el área predicha en función del umbral acumulativo para la *Cuniculus Paca*.

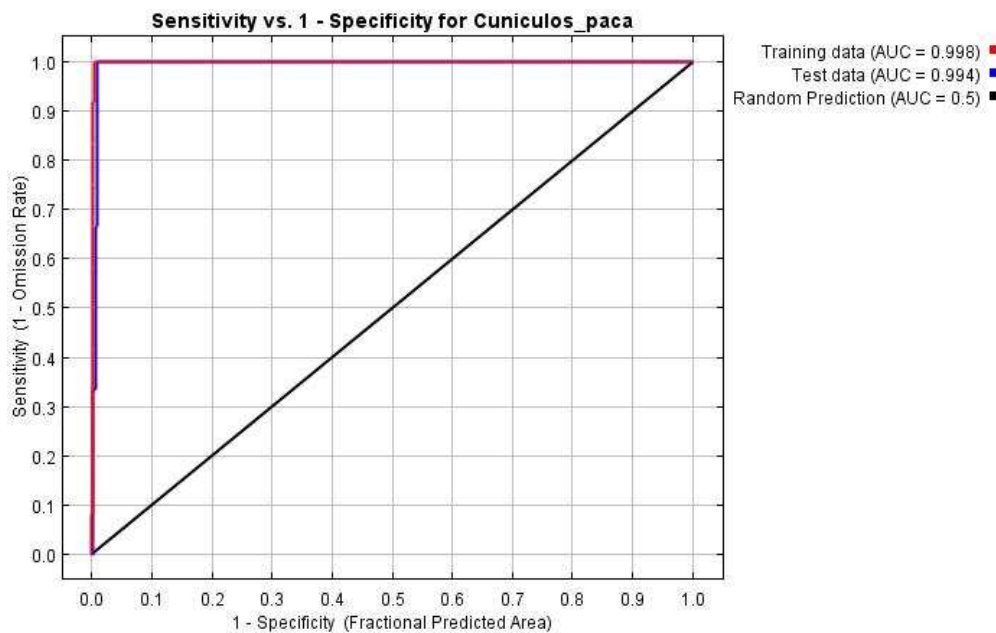


Figura 4. Curva operacional ROC y el AUC.

caso más fácil de analizar (Phillips *et al.*; Phillips y Dudik, 2008).

2.6 Álgebra de mapas

Con un Sistema de Información Geográfica se procedió a representar tres factores geográficos que contribuyen a caracterizar el hábitat de la guanta, como: geoformas (extraída de la capa de Geomorfología del Ministerio del Ambiente de Ecuador, (2014)), los usos del suelo (tomado del Sistema Nacional de Información, (2013)) y la densidad de población (calculada a partir de datos tomados del censo 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Comunicación, y del Instituto Geográfico Militar, 2013). Posteriormente, se realizó cruce algebraico de estas capas con el área de mayor potencial para el hábitat de la guanta obtenido del Maxent.

3 Resultados y discusión

En el modelo de distribución potencial los colores cálidos muestran áreas con las mejores condiciones previstas. Los puntos blancos muestran los lugares de presencia utilizados para el entrenamiento, mientras que los puntos violetas muestran ubicaciones de prueba. El color rojo, que ocupa 19.948,22 Km², indica alta probabilidad predicha de condiciones favorables para el hábitat de la *Cuniculus Paca* en el occidente del Ecuador. Mientras que los colores amarillo (3.949,91 Km²) y verde (30.486,07 Km²) representan condiciones típicas y los colores azul claro (6.521,86 Km²) y azul oscuro (6.821,29 Km²) indican baja probabilidad de condiciones ambientales para el desarrollo de la especie (Figura 2).

La zona con alta probabilidad de condiciones favorables para la *Cuniculus Paca* está ubicada, principalmente, en el centro-norte del cantón Flavio Alfaro, parte de Chone y El Carmen. A su vez se observa condiciones favorables al norte, en la región montañosa de la provincia de Esmeralda y al sur, en el sistema de montañas y colinas bajas entre Jipijapa y Montecristi. Por cuanto las condiciones ambientales más favorables para la especie se encuentran en la región montañosa costera del centro y norte de la región occidental del país.

La tasa de omisión se calcula tanto en los registros de presencia de entrenamiento y en los registros de prueba. En la Figura 3 se observa que la omisión

de los puntos del test cae una parte por debajo de las predicciones y otra se mantiene sobre las predicciones, la razón que puede explicar esto es que la muestra utilizada en el test y las de entrenamiento no son independientes porque las presencias de los puntos de muestreo están autocorrelacionadas espacialmente.

En la Figura 4 se muestra la proporción del conjunto de datos y el error estandarizado del área bajo la curva (AUC). Como la data de entrenamiento y la del test son del mismo conjunto de datos, las curvas roja (indica grado de ajuste de los datos de muestreo) y azul (ajuste del modelo) son idénticas. Lo que significa que el modelo es apropiado para predecir la presencia de la especie. Como el AUC es de 0,99, este valor alto indica que tiene una amplia distribución geográfica en relación con el área de los datos ambientales. El máximo alcanzable AUC es 1.

La prueba de Jackknife (Figura 5) permite conocer las variables ambientales que condicionan más la distribución geográfica de la especie *Cuniculus Paca*. En A, se muestra la prueba de Jackknife, con ganancia de prueba en lugar de la ganancia de entrenamiento. En B, la misma prueba pero esta vez con los datos de AUC. En C se muestran los resultados de la prueba de navaja, donde se indica la importancia de las variables. La variable ambiental con mayor ganancia es BIO15, que por tanto es la que tiene la información más útil. La variable ambiental que disminuye la ganancia es BIO7, que parece tener la mayoría de la información que no está presente en el resto de variables.

En la Tabla 1 se pueden apreciar las variables ambientales con mayor influencia en la distribución geográfica de la *Cuniculus Paca*. Estas son: precipitación del trimestre más cálido (24,6%), precipitación del trimestre más frío (19,2%), elevación (13,7%) y precipitación del trimestre más seco (10,6%).

Basados en los datos proporcionados por Pourrut, (1983); Cartaya, Zurita y Montalvo (2016), el período de precipitaciones del trimestre más cálido corresponde a los meses de febrero, marzo y abril (212 a 300 mm) con un promedio de 245 mm, que coincide con la época lluviosa. El período de precipitaciones del trimestre más frío corresponde de julio a septiembre (19 a 30 mm) con una media de 25 mm. La precipitación del trimestre más seco está representado por los meses de octubre, noviembre y diciembre (15 a 26 mm) para una precipitación media de 20 mm.

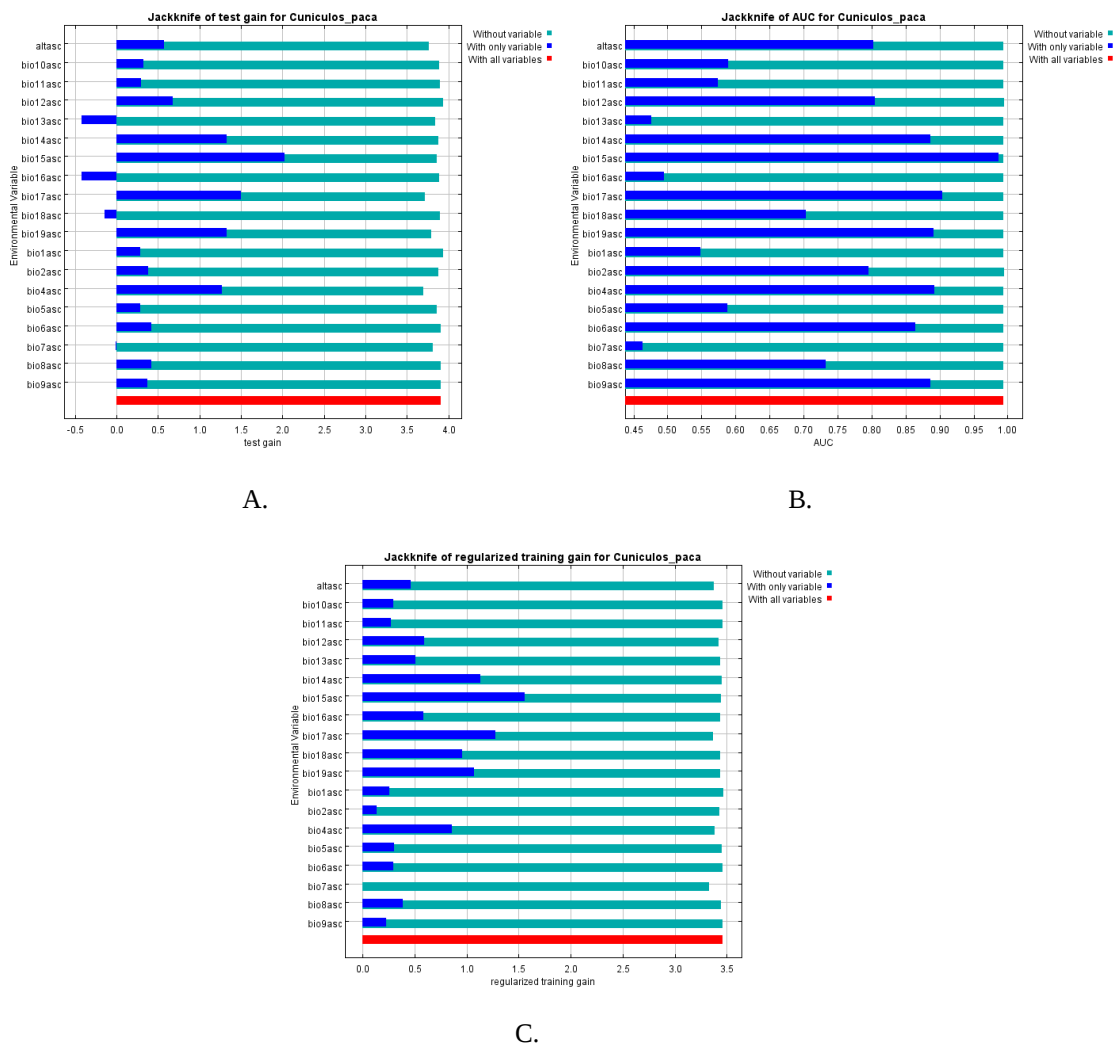


Figura 5. Resultados del Jackknife.

La elevación del área más idónea varía entre 3 a 1993 m.s.n.m. porque abarca desde la costa hasta algunas estribaciones montañosas de la sierra hacia el sector de Santo Domingo de los Tsachilas.

En la zona idónea (el área roja del modelo de 19948.22 Km²) las formas del meso relieve presentes son:

- sector de colinas, que cubre 5151.64 Km² (37.18%);
- llanuras aluviales que ocupan 5238.24 Km² (26.25%);
- vertientes 2870.00 Km² (14.38%).

El resto del área se aprecian otras formas de menor extensión territorial, tales como: abanicos aluviales, banco aluvial, cornisa, horst, mesetas y terrazas aluviales (Figura 6).

Entre los usos de la tierra en el área de mejor adecuación como hábitat potencial de la guanta, predomina la intervención antrópica con 94.55%, es decir, 18864.07 Km² de 19948.22 Km². Menos de 1% lo ocupan los cuerpos de agua y tan solo el 5.40% (1084.13 Km²) está ocupado por bosques con diferentes fenología: siempreverde, decidua y semidecidua (Figura 7).

La densidad de población calculada en Km² para cada cantón, que se obtuvo para la zona óp-

Tabla 1. Estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales en el modelo de Maxent.

Variable	Porcentaje de contribución	Permutaciones
BIO18 = precipitación del trimestre más cálido	24.6	1.5
BIO19 = precipitación del trimestre más frío	19.2	0
Elevación	13.7	17.8
BIO17 = precipitación del trimestre más seco	10.6	40.6
BIO15 = estacionalidad de la precipitación	8.3	3.2
BIO7 = rango anual de temperatura	7.8	14.2
BIO4 = temperatura estacional	5.5	3
BIO14 = precipitación del mes más seco	3	11.5
BIO13 = precipitación del mes más húmedo	2.6	2.2
BIO12 = precipitación anual	2.2	1.2
BIO2 = rango medio diurno	1.8	4.4
BIO8 = temperatura media del estadio más húmedo	0.5	0.4
BIO11 = temperatura media del trimestre más frío	0.2	0
BIO9 = temperatura media de estadio más seco	0.1	0
BIO16 = precipitación del trimestre más húmedo	0	0
BIO6 = temperatura mínima del mes más frío	0	0
BIO5 = temperatura máxima del mes más caliente	0	0
BIO10 = temperatura media del estado más caliente	0	0
BIO1 = temperatura media anual	0	0

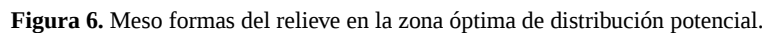
tima fue: muy baja 21% (4026,9 km²), baja 22% (4116,2Km²), media 17% (3283,25Km²), alta 36% (6730,13Km²) y muy alta 4% (750,78Km²), pudiéndose considerar un factor perturbador que incide en la fragmentación del hábitat (Figura 8).

En función de los datos arrojados por el modelo de distribución potencial, la guanta se localiza en lugares cuya precipitación media va desde 20 mm, en el trimestre más seco, a 300 mm para el trimestre más húmedo, que a su vez, coincide con el período más cálido de la región. En altitudes entre 3 a 1993 m.s.n.m., donde los relieves, principalmente, son llanuras aluviales y colinas.

La guanta en su hábitat natural no es gregaria, generalmente se le encuentra solitaria en los bosques tropicales húmedos, preferencialmente, aunque también se ha observado el bosque ripario de inundación temporal y fragmentos de bosques,

siempre por necesidad natural de estar cerca de las fuentes de agua (Zucaratto *et al.*, 2010; Aquino *et al.*, 2012; Gallina *et al.*, 2012; Bonilla-Morales *et al.*, 2013; Pozo, 2013). Sin embargo, la *Cuniculus Paca* puede habitar otros tipos de ambientes, como mecanismo de adaptación por la presión ejercida por la deforestación de los bosques húmedos nativos y su condición sedentaria, estos hábitats son para la zona en estudio agroforestal y silvopastoril (Alvarado, 2010; Griffith, 2014; De Osma Vargas-Machuca *et al.*, 2014). Las diferencias entre los distintos tipos de hábitats en este caso no siempre son evidentes y fáciles de interpretar.

De acuerdo con los valores de AUC, las variables abióticas que funcionaron como mejores predictores de la distribución de la *Cuniculus Paca* fueron las precipitaciones del trimestre más frío, del más cálido y del más seco, seguido de la altitud. La preci-



Debido a que el área de distribución geográfica potencial de la *Cuniculus Paca*, está altamente intervenida y su hábitat actual está restringida a los fragmento de bosques dispersos se propone como medida ambiental el diseño de zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos con la finalidad de favorecer la conectividad entre los bosques residua-

En cuanto al modelo predictivo Maxent para ubicar el hábitat potencial de la *Cuniculus paca*, parece confiable, considerando que casi 95% del área potencial está intervenida. Según De Osma Vargas-Machuca *et al.*, (2014), estas presiones externas son circunstancias adversas para la especie, lo que pudiera generar cambios en su abundancia y patrones de conducta. Aunque hay autores que sostienen que los modelos predictivos de distribución, no son tan confiables por el sesgo de algunos datos (Sobek-Swant *et al.*, 2012), para otro, son modelos valiosos para predecir distribución potencial de especies basadas en datos de presencia, con propósitos de conservación de la biodiversidad (Pérez-García y Liria, 2013; Bowler, 2014; Kumar *et al.*, 2014; Yuan *et al.*, 2015; Padalia *et al.*, 2015; Remya *et al.*, 2015). Así como quienes han demostrado que es necesario acompañarlo de un modelo de incertidumbre (SDM) para que la predicción sea más fiable

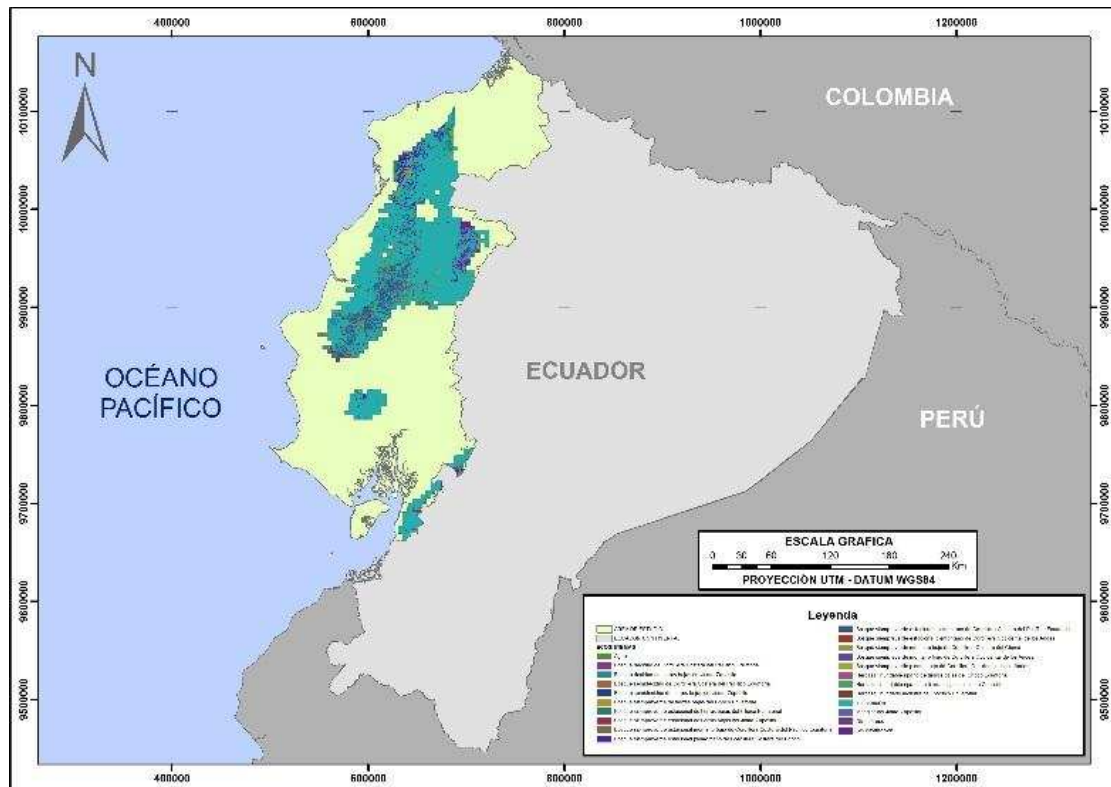


Figura 7. Usos de la tierra en la zona óptima de distribución potencial.

(Cao *et al.*, 2013; Corvertino *et al.*, 2014; Schank *et al.*, 2015).

El método de recogida de datos de la guanta utilizado en el presente estudio fue durante un año en los remanentes de bosque nativo y de otros usos como el silvopastoril y el agroforestal, donde se tenía información de su presencia, esto contribuyó a incrementar la confiabilidad de la data. Sin embargo, la evaluación de la idoneidad del hábitat predictivo se hizo sobre la base de los requisitos ambientales de la especie y no específicamente, sobre las zonas donde hay mayor concentración de humedad, por lo que el modelo de distribución de hábitat adecuado pudiera contener errores inevitables.

El programa Maxent resultó un predictor confiable para determinar la distribución geográfica de la *Cuniculus Paca* en el occidente de Ecuador. Investigaciones posteriores de la distribución de la guanta, usando Maxent debe centrarse en el cambio de las características de los datos de entrada sobre la presencia de la especie al modelo, para así limitar

4 Conclusiones

La *Cuniculus Paca* se puede localizar en el occidente de Ecuador, en lugares cuya precipitación está entre los 20 a 245 mm y que coincide con una altitud entre 3 a 1993 m.s.n.m. El área indicada por el sistema como potencial para esta especie, está intervenida en 95%, tan sólo el 5% lo ocupan los bosques nativos, que están altamente fragmentados y que pudiera estar relacionada con la alta densidad de población de algunos sectores y sus actividades económicas. Por lo que se recomienda diseñar zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos como medidas que permiten conservar el hábitat de la especie.

el sesgo de los resultados de la modelización. Además, el uso de adicional de métodos que favorezcan el análisis espacial, como el análisis de componentes principales, contribuiría a mejorar la interpretación de los datos de distribución.

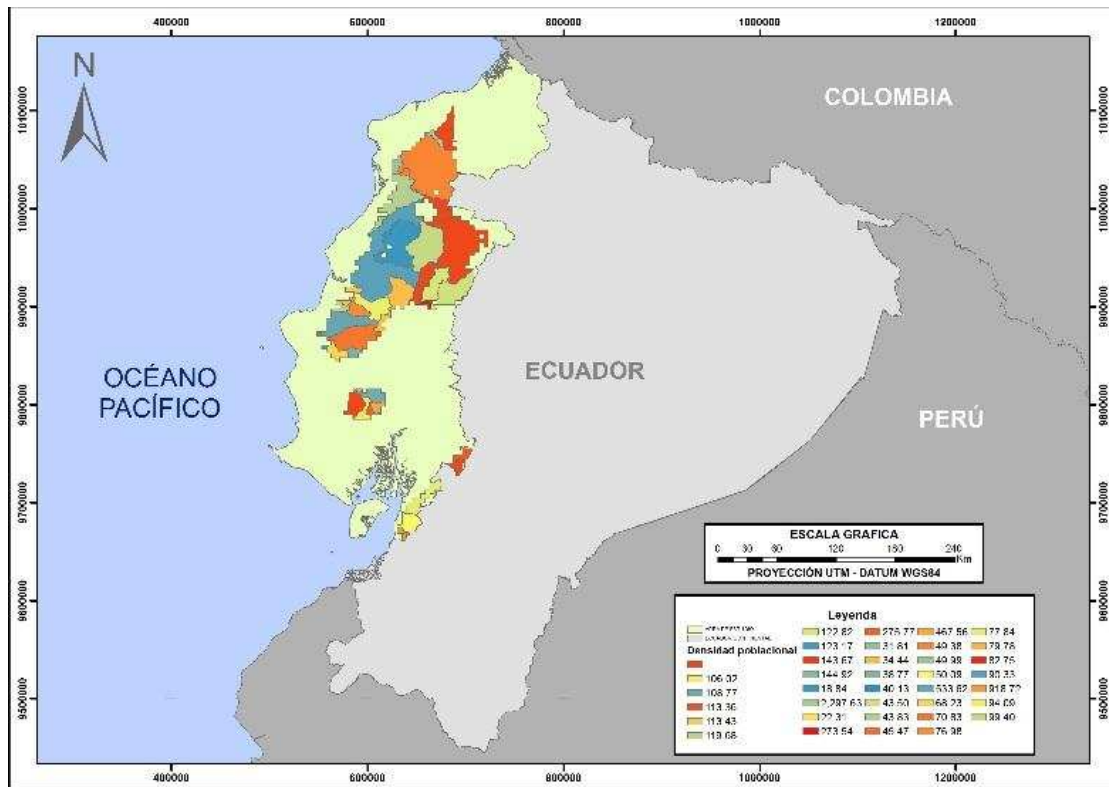


Figura 8. Usos de la tierra en la zona óptima de distribución potencial.

5 Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue apoyado por el "Proyecto Prometeo" de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), de la República de Ecuador.

6 Bibliografía

- Alvarado, A. 2010. Caracterización florística de los hábitats utilizados por el Tepezcuintle, *Cuniculus paca* (Linneo, 1766; Rodentia: cuniculidae) en el piso basal del parque nacional Carara, Costa Rica. **Tesis de licenciatura del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal.**
- Aquino, R., G. Meléndez, E. Pezo y D. Gil. 2012. Tipos y formas de ambientes de dormir de majás (*Cuniculus paca*) en la cuenca alta del río Itaya. **Revista Peruana de Biología.** 19(1):27-34.
- Arroyo, V., M. Ríos, F. Escobar, F. Melo, B. Santos, M. Tabarelli y R. Chazdon. 2013. Plant biodiversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **Journal of Ecology.** 101:1449-1458.
- Bentrup, G. 2008. Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. **Informe Técnico Gral. SRS-109. Asheville, NC: Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación Sur.** página 128.
- Bonilla-Morales, M., J. Rodríguez Pulido y R. Murillo Pacheco. 2013. Biología de la lapa (*Cuniculus paca* Brisson): una perspectiva para la zootecia. **Revista CES Med Zootec.** 8(1):129-142.
- Bowler, M. G. 2014. Species abundance distributions, statistical mechanics and the priors of MaxEnt. **Theoretical Population Biology.** 92:69-77.

- Cao, Y., R. E. DeWalt, J. L. Robinson, T. Tweddale, L. Hinz y M. Pessino. 2013. Using Maxent to model the historic distributions of stonefly species in Illinois streams: The effects of regularization and threshold selections. **Ecological Modelling**. 259:30-39.
- Cartaya, S., S. Zurita y V. Montalvo. 2016. Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador. **Revista La Técnica**. 16:94-105.
- Cartaya, S. y S. Zurita. 2015. Determinación de la deforestación total y la tasa porcentual de cambio en la Reserva Natural de Pacoche y una zona no protegida en el centro-norte de Manabí. **Revista La Técnica**. 14:72-79.
- Cerón, M. 1995. *Agouti Paca*. Etnobiología de los Cofanes de Dureno, Provincia de Sucumbíos, Ecuador, 1^{ra} Ed. Ediciones Abya-Yala. **Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales Herbario Nacional. Serie monografía No. 3**. Cayambe, Ecuador. página 191.
- Cerón C., W. Palacios, R. Valencia y R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. **Sierra R. (Edt.). Proyecto INEFAN/GERF-BIRF y Ecociencia**. Quito.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2009. Apéndice III. Ginebra, Suiza.
- Convertino, M., R. Muñoz-Carpena, M. L. Chu-Agor, G. A. Kiker y I. Linkov . 2014. Untangling drivers of species distributions: Global sensitivity and uncertainty analyses of MAXENT. **Environmental Modelling & Software**. 51:296-309.
- De Osma Vargas-Machuca, A., P. Ramírez-Barajas, M. Roldán Tutivén, L. Ortiz Gómez y Y. Sole-dispa. 2014. Patrones de actividad de tres especies de mamíferos cinegéticos en remanentes de bosque, Manabí, Ecuador. **Revista Hipocampus**. 4:3-7.
- De Souza, R. y P. De Marco. 2014. The use of species distribution models to predict the spatial distribution of deforestation in the western Brazilian Amazon. **Ecological Modelling**. 291:250-259.
- Dudik, M., S. J. Phillips y R. E. Schapire. 2004. Performance Guarantees for Regularized Maximum Entropy Density Estimation. **Proceedings of the 17th Annual Conference on Computational Learning Theory**.
- Dong, J, X. Xiao, S. Sheldon, C. Biradar, G. Zhang. 2014. A 50-m Forest Cover Map in Southeast Asia from ALOS/PALSAR and Its Application on Forest Fragmentation Assessment. **PLoS ONE**. 9(1):1-12.
- Gallina, S., J. Pérez-Torres y C. Guzmán-Aguirre. 2012. Use of the *Cuniculus Paca* (Rodentia: Agoutidae) in the Sierra de Tabasco State Park, Mexico. **Revista de Biología Tropical**. 60(3):1345-1355.
- Gao, Q. y M. Yu. 2014. Discerning Fragmentation Dynamics of Tropical Forest and Wetland during Reforestation, Urban Sprawl, and Policy Shifts. **PLoS ONE**. 9(11):1-11.
- Griffith, D. 2014. Sostenibilidad de la cacería y otros aspectos ecológicos de las principales especies cinegética en un paisaje antropogénico y en un área protegida de la Provincia de Manabí. **Proyecto de Investigación. Departamento Central de Investigación, Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí"**.
- Kumar, S., J. Graham, A. M. West y P. H. Evangelista. 2014. Using district-level occurrences in Maxent for predicting the invasion potential of an exotic insect pest in India. **Computers and Electronics in Agriculture**. 103:55-62.
- León, G. D., A. Pinedo y J. H. Martínez. 2014. Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. **Investigaciones Geográficas del Instituto de Geografía de la UNAM**. 84:42-53.
- Magnago, L., D. Edwards, F. Edwards, A. Magrath, S. Martins y W. Laurence. 2014. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of Ecology**. 102:475-485.

- Matyukhina, D. C., D. G. Miquelle, A. A. Murzinc, D. G. Pikunov, P. V. Fomenko, V. V. Aramilev, M. N. Litvinov, G. P. Salkina, I. V. Serdyukin, I. G. Nikolaev, A. V. Kostyriag, V. V. Gaponov, V. G. Yudin, Y. M. Dunishenko, E. N. Smirnov, V. G. Korkishkok y J. Marino. 2014. Assessing the Influence of Environmental Parameters on Amur Tiger Distribution in the Russian Far East Using a Maxent Modeling Approach. **Achievements in the Life Sciences**. 8:95-100.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. 2014. Shapefile Geomorfología. 1:5.000.000.
- Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos. 1982. National Geological Map of the Republic of Ecuador. 1:1.000.000.
- Ortega-Huerta, M. A y A. T. Peterson. 2004. Modeling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in Northeastern Mexico. **Diversity and Distributions**. 10:39-54.
- Padalia, H., V. Srivastava, y S. P. S. Kushwaha. 2014. Modeling potential invasion range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. In India: Comparison of Maxent and GARP. **Ecological Informatics**. 22:36-43.
- Pérez-García, B. y J. Liria. 2013. Modelos de nicho ecológico fundamental para especies del género *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). **Revista Mexicana de Biodiversidad**. 84:600-611.
- Phillips, S., M. Dudik y R. E. Schapire. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. **Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning**. Banff, Canada.
- Phillips, S., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**. 190: 231-259.
- Phillips, S. J. y M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**. 31:161-175.
- Pourrut, P. 1983. Los climas del Ecuador, fundamentos explicativos. **ORSTOM y Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería**. Quito, Ecuador.
- Posada, J. E. 1987. Contribución al conocimiento de la biología de la "guagua" (*Agouti Paca*) con miras a la zootecnia. **Tesis Zootécnica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia**. Palmira-Valle. página 120.
- Pozo, W. 2013. Mamíferos de Hábitats Fragmentados de la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. **Editorial ESPE**. Sangolquí-Ecuador. página 69.
- Remya, K., A. Ramachandran y S. Jayakumar. 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of *Myristica dactyloides* Gaertn, using Maxent model in the Eastern Ghats, India. **Ecological Engineering**. 82:184-188.
- Rodríguez, E. y A. Ortega. 2012. Valoración de unidades suministradoras de servicios de los ecosistemas. El caso de la guanta (*Cuniculus Paca*). **Propuesta de Investigación 2011-2013, Departamento Central de Investigación, Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí"**.
- Schank, C., E. Mendoza, M. J. García Vettorazzi, M. V. Cove, C. A. Jordan, G. O'Farrill, N. Meyer, D. J. Lizcano, N. Estrada, C. Poot y R. Leonardo. 2015. Integrating current range-wide occurrence data with species distribution models to map the potential distribution of Baird's Tapir. **The Newsletter of the IUCN /SSC Tapir Specialist Group**. 24(33):15-25.
- Sistema Nacional de Información. 2013. Shapefile de Usos de la Tierra. 1:5.000.000.
- Smythe, N. 1987. The paca (*Cuniculus Paca*) as a domestic source of protein for the neotropical, humid lowlands. **Animal Behavioral**. 17:155-170.
- Sobek-Swant, S., D. A. Kluza, K. Cuddington y D. Barry Lyons. 2012. Potential distribution of emerald ash borer: What can we learn from ecological niche models using Maxent and GARP? **Forest Ecology and Management**. 281:23-31.

- Tirira, D. 2007a. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. **Ediciones Murciélagos Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador.** Quito, Ecuador. páginas 219-220.
- Tirira, D. (Ed.). 2011b. Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador, 2^{da} Ed. **Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador.** Quito, Ecuador.
- Yanga, X., S. P. S. Kushwahab, S. Saranb, Jianchu Xuc y P. S. Royb. 2013. Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. **Ecological Engineering.** 51:83-87.
- Yuan, H. S., Y. L. Wei y X. G. Wang. 2015. Maxent modeling for predicting the potential distribution of *Sanghuang*, an important group of medicinal fungi in China. **Fungal Ecology.** 17:140-145.
- Wainwright, M. 2002. The Natural History of Costa Rican mammals. **A zona tropical publication.** página 384.
- Zucaratto, R., R. Carrara, B. Siqueira. 2010. Dieta da paca (*Cuniculus Paca*) usando métodos indiretos numa área de cultura agrícola na floresta atlântica brasileira. **Biotemas.** 23(1):235-239.