

Análisis Multitemporal de Distribución Geográfica Potencial del Lama Guanicoe

Multitemporal Analysis of Potential Geographic Distribution of Lama Guanicoe

Laura Gutierrez* ; Elías Haro ; Natalia Díaz 

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: lgutierrez@unitru.edu.pe (L. Gutiérrez)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2024.01.07](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2024.01.07)

RESUMEN

El motivo de esta investigación se enfoca en realizar un modelamiento de distribución geográfica del *Lama guanicoe* en Sudamérica en dos periodos de tiempo determinados el 2021 y 2070 mediante el software MaxEnt para correlacionar las variables bioclimáticas y calcular el cambio del área de distribución. Luego con esta información se realizó un mapa comparativo de las áreas actuales y futuras en QGIS. Como conclusiones se puede ver que en la región de Perú el cambio de área de distribución se reduce, lo cual es observable en la mayoría de las naciones donde alberga al guanaco (*Lama guanicoe*) el cual actualmente es considerado en Peligro, por eso según nuestro modelo predice que va a reducir el área de distribución en un 20%, y las variables de temperatura tienen una correlación negativa con el área, lo que nos indica que el cambio climático tendrá relación sobre el *Lama guanicoe*. Esta información es necesaria para que todos los países tomen acciones en la conservación del *Lama guanicoe* adoptando estrategias para reducir y prevenir el cambio climático, generando y actualizando sus planes de conservación.

Palabras clave: bioclimáticas; Maxent; cambio climático; multitemporal.

ABSTRACT

The purpose of this research is focused on modeling the geographic distribution of *Lama guanicoe* in South America in two time periods, 2021 and 2070, using MaxEnt software to correlate the bioclimatic variables and calculate the change in the distribution area. Then, with this information, a comparative map of the current and future areas was made in QGIS. As conclusions we can see that in the region of Peru the change of distribution area is reduced, which is observable in the majority of the nations where the guanaco (*Lama guanicoe*) lives, which is currently considered Endangered, so according to our model it predicts that it will reduce the distribution area by 20%, and the temperature variables have a negative correlation with the area, which indicates that climate change will have a relationship with the *Lama guanicoe*. This information is necessary for all countries to take action in the conservation of *Lama guanicoe* by adopting strategies to reduce and prevent climate change, generating and updating their conservation plans.

Keywords: bioclimatic; Maxent; climate change; multitemporal.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el fenómeno del calentamiento global está contribuyendo al deterioro de la seguridad hídrica y a la disminución de especies y hábitats (Atwoli, 2021).

Sudamérica no es ajena al cambio climático que la hace susceptible a sequías que ponen en peligro la disponibilidad de recursos hídricos, inundaciones por calentamiento del océano, desaparición de glaciares, olas de calor, nuevas pandemias (Paterson, 2017). En los Andes la variable bioclimática de la temperatura está incrementando lo que afecta a sistemas agrícolas de la zona y pastizales. (Lozano, 2021). En la zona de Sudamérica habita el guanaco (*Lama guanicoe*) que es una especie endémica de esta región, *Lama guanicoe* es un hervíboro cuya distribución va desde el norte peruano hasta el sur en la isla Navarino, puede estar a la altitud del mar como en la cordillera de los Andes (Moscardi, 2020).



En Perú, el *Lama guanicoe* es una especie amenazada con la posibilidad de extinguirse y tiene una distribución en la puna y hay poblaciones en lomas costeras. Algunas ciudades donde se ha habido avistamiento de estos camélidos son Arequipa, Marcona, Puno y hasta en la reserva nacional Calipuy en la Libertad (Castillo, 2016). El Perú es uno de los países que también está afectado por el cambio climático ya que puede variar las temperaturas y precipitaciones de las zonas donde habita el *Lama guanicoe* y por tal motivo la dispersión de la especie puede modificar su presencia en las áreas impactadas. (Penedo, 2020).

Las causas por la que el guanaco disminuye su población son debido al cambio climático, la caza furtiva del hombre para aprovechar su lana y carne (Shoobridge, 2019), las invasiones a su hábitat por parte del hombre para la agricultura o ganadería, enfermedades transmitidas por el ganado vacuno a los guanacos, jauría de perros, depredación por pumas, la ocupación de terrenos para obras de infraestructura, comercio ilegal (Gonzalez, 2019)

Las consecuencias que el cambio climático puede traer es la modificación de las variables bioclimáticas por ejemplo la temperatura y precipitación las cuales pueden afectar al hábitat del guanaco y haga que ocurra desplazamientos en búsqueda de mejores condiciones de clima y alimento, y busquen una zona adecuada para su reproducción. Al variar condiciones climáticas el guanaco puede variar la distribución en Sudamérica y disminuir cada vez más su población y al llegar al punto de la extinción.

Este estudio ayuda a predecir en que zonas de Sudamérica el *Lama guanicoe* cambiará su distribución y los gobiernos puedan tomar acciones y realizar planes de conservación y acción al cambio climático para evitar su pérdida del área de distribución y además contribuir al cumplimiento del objetivo del desarrollo sostenible (ODS 15) que busca fomentar la utilización sostenible de los ecosistemas en tierra y detener la degradación de la diversidad biológica. (Naciones Unidas, 2018). También aporta con una metodología para realizar un modelamiento de especies animales usando MaxEnt. (Santiago, 2019.).

El objetivo principal de este estudio es llevar a cabo un análisis multitemporal de la distribución del *Lama guanicoe* en los años 2021-2070 para calcular el porcentaje de área que puede verse afectada en un futuro por el cambio de las variables bioclimáticas mediante un modelamiento usando MaxEnt.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación tuvo como objeto de estudio el guanaco (*Lama guanicoe*) que habita en los pastizales andinos y la Patagonia de Sudamérica. Los guanacos viven en grupos para evitar depredadores y son herbívoros. (González, 2019).

El área de estudio fue América del sur (Sudamérica), principalmente los países de Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

Softwares utilizados:

MaxEnt, entropía máxima, este software o modelo es una herramienta para la predicción de distribución de especies (Mugiyo, 2022). Este modelo registra los datos de la especie como en este caso el *Lama guanicoe* y junto con variables bioclimáticas como temperatura, precipitación, etc en un área de estudio determinada. (Baños, 2019).

El modelo nos brinda Área Bajo la Curva (AUC), contribuciones de parámetros ambientales como Jack-knife y Característica Operativa del Receptor (ROC) (Mugiyo, 2022). En este estudio se utilizó Maxent 3.4.1 (https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/), el cual fue descargado de manera gratuita.

QGIS, es software libre que sirve para visualizar, editar y realizar análisis de datos geoespaciales complejos. (Rosas, 2021). El software fue descargado de <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

R studio, es un software libre y gratuito que se utiliza para trabajar datos estadísticos, con él podemos realizar análisis estadísticos y gráficos. (Fernández, 2020). El software se descargó de <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

Base de datos de coordenadas geográficas de la especie:

Global Biodiversity Information Facility (GBIF), es una colección de datos sobre biodiversidad de muchos millones de registros de diferentes personas naturalistas o aficionados que comparten fotos y coordenadas. (García, 2023). Esta base de datos se accede por <https://www.gbif.org/>

iNaturalist, es una plataforma web que suministra información sobre la biodiversidad (Roux, 2019) es un esfuerzo conjunto de la Academia de Ciencias de California y la National Geographic Society. Esta base de datos se descargó de la página <https://www.inaturalist.org>.

VertNet es un proyecto de colaboración financiado por la NSF (National Science Foundation) que hace que los datos sobre biodiversidad sean gratuitos y estén disponibles en la web (<http://vertnet.org/>).



Figura 1. Área de Estudio de *Lama guanicoe*.

Proceso de Modelado:

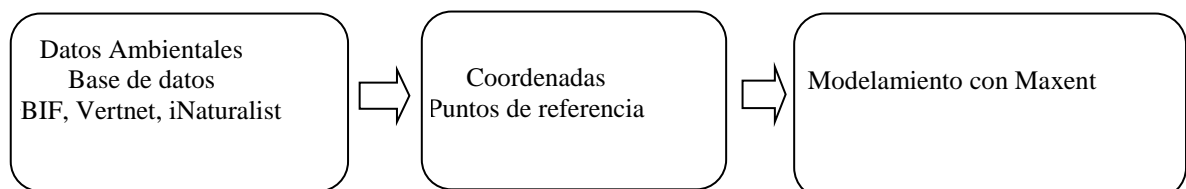


Figura 2. Método para el modelamiento de especies.

Nota: Adaptado de Modelamiento de distribución potencial de avifauna utilizando las herramientas QGIS, DIVAGIS, MaxEnt y R. Quispe, 2020.

Recolección de datos:

Se descargó las coordenadas geográficas con el software R studio usando los paquetes. Con este software se descarga las coordenadas donde hay presencia del *Lama guanicoe* mediante el acceso a las bases de datos de GBIF, Vertnet y iNaturalist.

Las coordenadas geográficas se descargaron en una hoja excel y luego se pasó a formato csv y se generó un solo archivo con la unión de todos los archivos descargados. Para la descarga se escribió los comandos necesarios y descargando los paquetes y activando librerías.

Mediante el uso del software QGIS se subió las coordenadas de ubicación de la especie *Lama guanicoe* descargadas. Luego mediante R studio se eliminan los datos de coordenadas duplicadas y se realizó la limpieza de puntos de presencia para el modelado.

Se descargaron los límites del área de estudio mediante base de datos de límites entre países de Sudamérica, para ello se utilizó base de datos internacionales como el GADM de la página <https://gadm.org/>. El GADM sirve para mapear las áreas administrativas de todos los países, en todos los niveles de subdivisión (Setiawan, 2020). Se realizó la selección de capas y limpieza de puntos que salieron del área de estudio.

Se descargaron las variables ambientales (temperatura y precipitación) mediante World Clim es una plataforma de datos que almacena información climática y meteorológica a nivel mundial de alta resolución. Estos datos son útiles para mapeo y modelos en el ámbito espacial (Fergnani, 2022).

Se obtienen las variables bioclimáticas a partir de los datos mensuales de temperatura y precipitación, transformándolos en variables de mayor relevancia desde una perspectiva biológica. Con frecuencia, estos elementos son empleados en modelos de distribución de especies y en metodologías de modelos ecológicos relacionados. Las variables bioclimáticas capturan patrones anuales (como temperatura media anual y precipitación anual), estacionales (incluyendo el rango de temperatura y precipitación anual), así como condiciones ambientales extremas o restrictivas (como las temperaturas del mes más frío y cálido, y la precipitación del mes más húmedo y más seco). Podemos ver en: <https://worldclim.org/data/bioclim.html>

Tabla 1. Variables Bioclimáticas WorlClim

| Código | Variables Bioclimáticas |
|--------|--|
| BIO1 | Temperatura promedio anual (°C) |
| BIO2 | Rango medio diario (temp max-temp. Min; promedio mensual) (°C) |
| BIO3 | Isotermalidad (BIO1/BIO7) *100(°C) |
| BIO4 | Estacionalidad en temperatura (SDx100) (°C) |
| BIO5 | Temperatura máxima del periodo más caliente (°C) |
| BIO6 | Temperatura mínima del periodo más frío (°C) |
| BIO7 | Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)(°C) |
| BIO8 | Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C) |
| BIO9 | Temperatura media en el trimestre más seco (°C) |
| BIO10 | Temperatura promedio en el trimestre más caluroso (°C) |
| BIO11 | Temperatura promedio en el trimestre más frío (°C) |
| BIO12 | Precipitación anual (mm) |
| BIO13 | Precipitación en el periodo más lluvioso(mm) |
| BIO14 | Precipitación en el periodo más seco(mm) |
| BIO15 | Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación) |
| BIO16 | Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm) |
| BIO17 | Precipitación en el trimestre más seco (mm) |
| BIO18 | Precipitación en el trimestre más caluroso (mm) |
| BIO19 | Precipitación en el trimestre más frío (mm) |

Nota: Navarro (2020, p.55)

Utilizando la información de la base de datos de WorldClim versión 2.1 se descargó las variables ambientales actuales. Las variables bioclimáticas se descargan en capas ráster con una resolución de 2,5 minutos.

Se realizó la extracción de valores ambientales de las capas ráster (píxeles) de las 19 bio (variables bioclimáticas) mediante QGIS con el complemento point sampling tools que es una herramienta que facilita la adquisición de valores de los datos de ráster utilizando los puntos de muestreo como referencia. Con los valores obtenidos de las capas ráster de las 19 variables bioclimáticas se realizó una correlación de valores ambientales y se realizó los análisis estadísticos de las variables mediante Rstudio.

De las 19 variables bioclimáticas correlacionadas se seleccionaron mediante una correlación sólo las variables que restringen la distribución de especies quedando bio 2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio7, bio9, bio16, bio17, bio18 y bio19.

Estas variables están en capas ráster en el cual usando QGIS (mediante herramienta GDAL) se realizó el recorte de capas ambientales al límite del área de estudio.

Luego se convirtió las capas de las variables ambientales al formato ASCII, ya que el software MaxEnt sólo lee ese formato.

Elección de modelo y proceso de modelado.

Se realizó la descarga e instalación de Maxent biodiversity 3.4.1 y java environmental. MaxEnt realiza un modelamiento preciso. (Navarro, 2020).

En MaxEnt se cargó las capas recortadas en formato ASC y las coordenadas de ubicación. https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Se obtuvo una capa en formato ASCII en el modelamiento con MaxEnt con las variables bioclimáticas que limitan la distribución del *Lama guanicoe* y se llevó al QGIS para generar curvas de nivel y seleccionamos valores mayores a 0,75. Luego convertimos de curvas a polígonos con las herramientas de QGIS.

Luego guardamos el área de distribución potencial altamente idónea que tiene las condiciones ambientales apropiadas donde se puede desarrollar la especie.

Se dio formato al área de distribución del *Lama guanicoe* con herramienta de QGIS para calcular el área de distribución idónea actual. En QGIS se construyó el mapa de distribución actual del *Lama guanicoe*. Debido al cambio climático proyectamos un modelamiento de distribución para el año 2070.

Con la base de datos de WorldClim versión 2.1 se descargó las variables ambientales futuras. Las variables bioclimáticas se descargan en capas ráster con resolución de 2,5 minutos y repetimos los pasos anteriores.

Se recortaron las capas ráster de las variables bioclimáticas futuras bio 2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio7, bio9, bio16, bio17, bio18 y bio19 y se convierten a formato ASCII. Inmediatamente se cargaron estos datos al software MaxEnt junto con las coordenadas geográficas de distribución del *Lama guanicoe*. Se corrió el software MaxEnt se obtuvo la capa ASCII con los resultados del modelamiento. Esta capa se abrió usando QGIS y se realizó el cálculo del área de distribución futura del *Lama guanicoe*. Posteriormente se realizó el mapa de distribución futura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Objetivo General: Determinar análisis multitemporal de la distribución geográfica en los años 2021 y 2070 del *Lama guanicoe*.

Resultado del Objetivo General:

La distribución potencial se realizó mediante selección de capas bioclimáticas usando R studio y elaborando mapas de distribución en los años 2021 y 2070 mediante el software libre QGIS.

Al realizar un modelamiento con el algoritmo MaxEnt usando las variables bioclimáticas seleccionadas (bio 2, bio4, bio5, bio8, bio9, bio15, bio16, bio17 y bio18) se obtuvo una capa ráster con todas las variables modeladas y se realizó un mapa de distribución en el año 2021 de *Lama guanicoe* en QGIS (ver fig.3). De la misma manera se realizó un mapa de distribución futura al 2070 de *Lama guanicoe* (ver fig.4)

Debido al cambio climático el *Lama guanicoe* se verá afectado por la variación de variables bioclimáticas para esto se realizó una simulación en el periodo 2020-2070 para obtener la distribución potencial, por tanto, es importante abordar las predicciones de distribución geográfica con prudencia. (Navarro, 2020).

Los resultados que hemos obtenido respecto al objetivo general que es determinar la distribución geográfica potencial actual del Lama guanicoe coincide con lo que encontró Castillo (2016) en Marcona, Ica Perú y Cuellar (2017) en el Chaco boliviano.

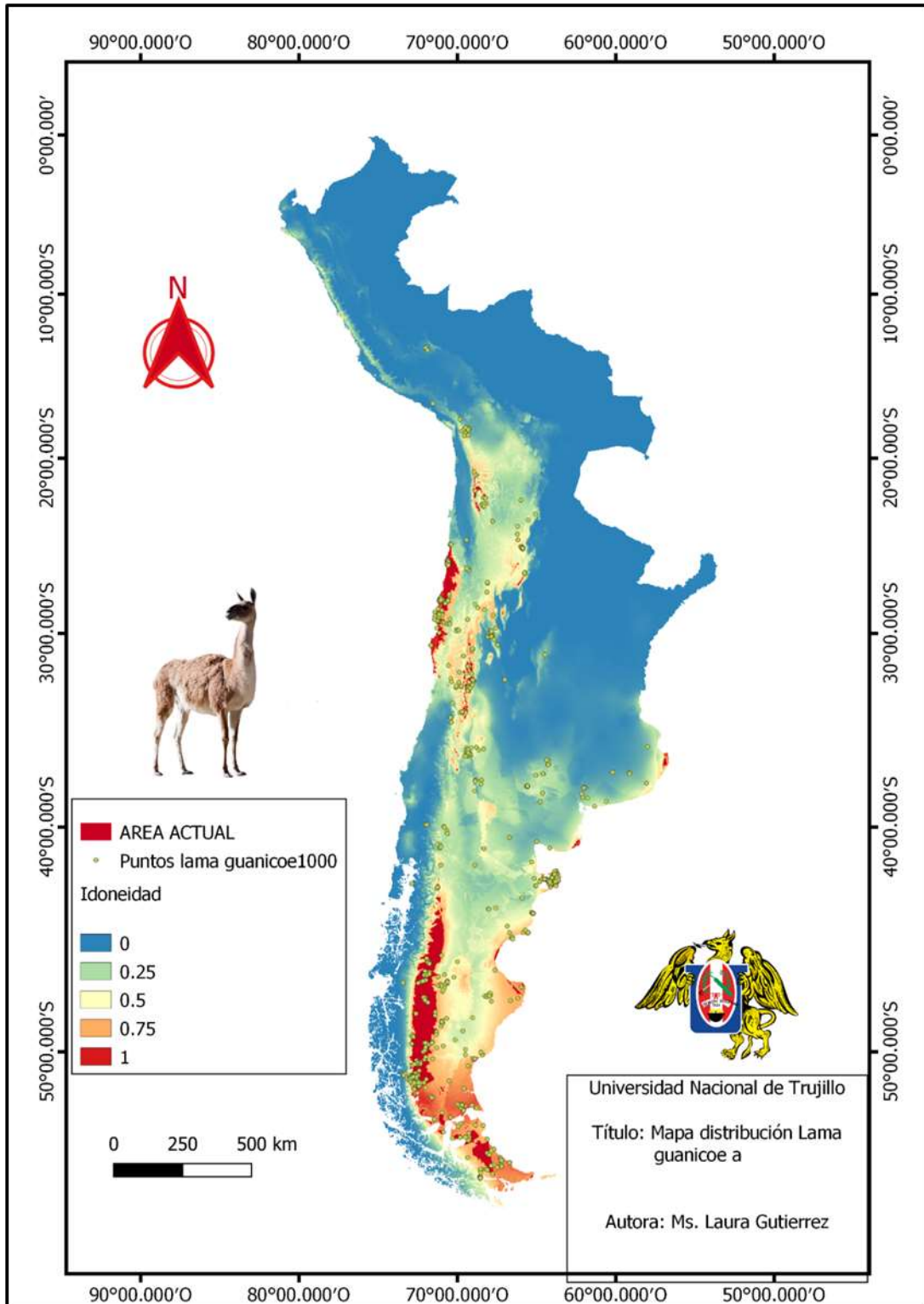


Figura 3. Mapa de distribución geográfica del año 2021 del *Lama guanicoe*.

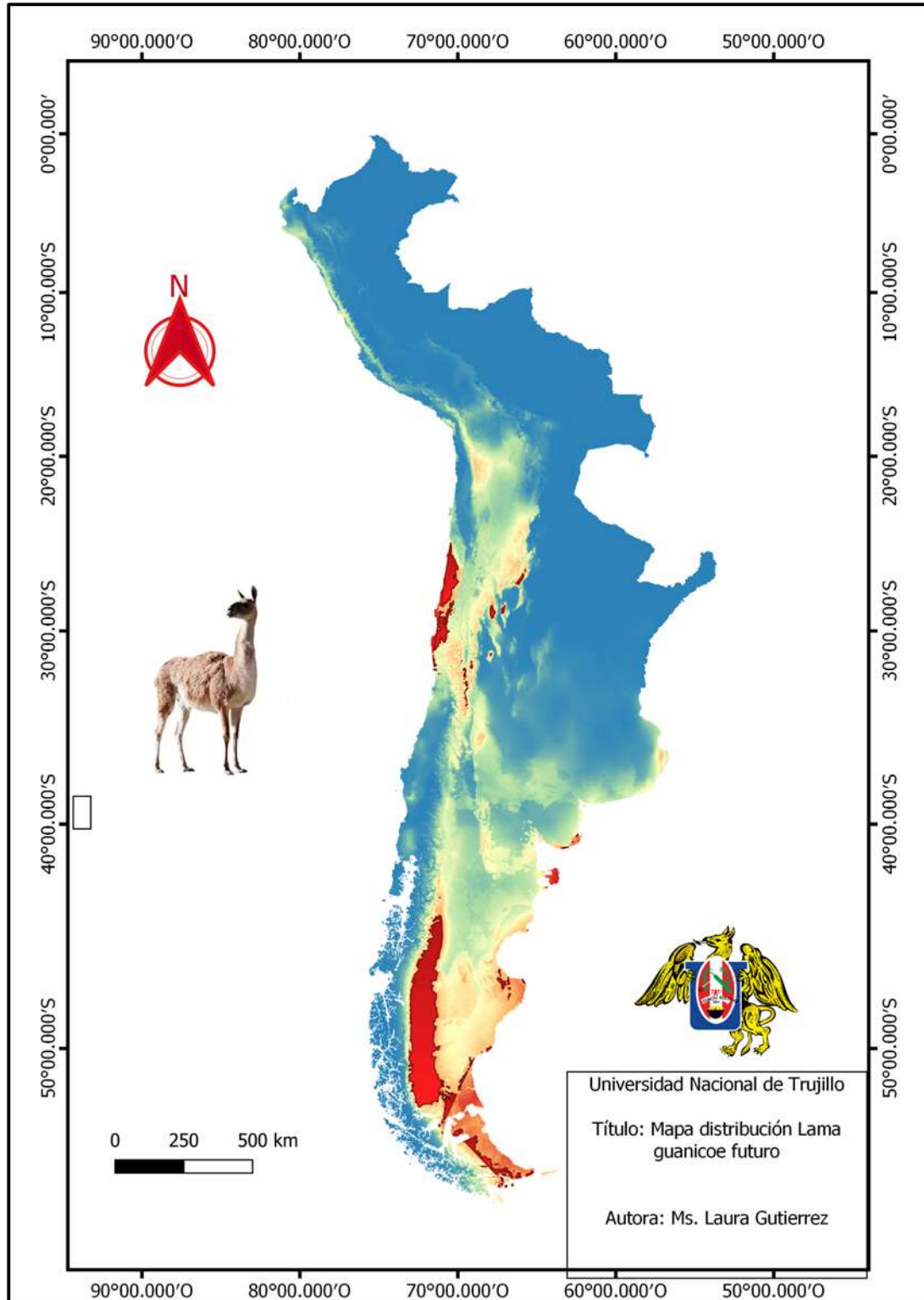


Figura 4. Mapa de distribución geográfica del año 2070 del *Lama guanicoe*.

La figura 3 nos muestra el área de distribución del *Lama guanicoe*, el cual nos representa un área donde tiene presencia el *Lama guanicoe* igual a 138,836 km² em el año 2021. Con la base de datos descargamos información para poder hacer el modelado a futuro de 2070, en la figura 4 podemos ver el área de distribución del *Lama guanicoe* es igual a 111,078km², lo cual nos indica una reducción del área donde se encontró el *Lama guanicoe*

Objetivo Específico: Identificar las variables bioclimáticas que se relacionan con la distribución geográfica del *Lama guanicoe*.

Resultados del Objetivo específico:

Tabla 2. Valores de Variables bioclimáticas seleccionadas.

| | bio2 | bio4 | bio5 | bio8 | bio9 | bio15 | bio16 | bio17 | bio18 |
|-------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| bio2 | 1 0,45329527 | 0,4532952 | 0,4698806 | 0,3187139 | -0,1375998 | 0,3902156 | 0,054053 | 0,3514477 | 0,0580006 |
| bio4 | | 1 | 0,3753368 | 0,0809247 | -0,1940254 | -0,4708934 | 0,2470705 | 0,1680227 | 0,2166587 |
| bio5 | 0,46988060 | 0,3753368 | 1 | 0,7725839 | 0,5679669 | 0,221184 | -0,2724612 | -0,446823 | -0,240120 |
| bio8 | 0,31871391 | 0,0809247 | 0,7725839 | 1 | 0,2952329 | 0,2766891 | -0,3004705 | -0,355869 | 0,0016470 |
| bio9 | -0,1375998 | -0,1940254 | 0,5679669 | 0,2952329 | 1 | 0,2552790 | -0,402063 | -0,433863 | -0,624072 |
| bio15 | 0,39021564 | -0,4708934 | 0,221184 | 0,2766891 | 0,2552790 | 1 | -0,1895679 | -0,644090 | -0,297037 |
| bio16 | 0,0540535 | 0,2470705 | -0,2724612 | -0,3004705 | -0,402063 | -0,189567 | 1 | 0,6861795 | 0,7314879 |
| bio17 | -0,3514477 | 0,1680227 | -0,446823 | -0,355869 | -0,433863 | -0,644090 | 0,6861795 | 1 | 0,7583934 |
| bio18 | 0,05800062 | 0,2166587 | -0,2401205 | 0,0016470 | -0,624072 | -0,297037 | 0,7314879 | 0,7583934 | 1 |

En la tabla 2, tenemos los valores de las variables bioclimáticas lo cuales sacaron los datos de las capas ráster, estos datos sirven para correlacionar las variables y encontrar las variables que mejor se relacionan en la distribución del *Lama guanicoe*, por tanto nos quedamos con 09 variables.

Tabla 3. Variables Bioclimáticas Seleccionadas WorlClim.

| Código | Variable Bioclimática |
|--------|--|
| BIO2 | Rango medio diurno (temp max-temp. Min; promedio mensual) (°C) |
| BIO4 | Estacionalidad en temperatura (SDx100) (°C) |
| BIO5 | Temperatura máxima del periodo más caliente (°C) |
| BIO8 | Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C) |
| BIO9 | Temperatura media en el trimestre más seco (°C) |
| BIO15 | Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación) |
| BIO16 | Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm) |
| BIO17 | Precipitación en el trimestre más seco (mm) |
| BIO18 | Precipitación en el trimestre más caluroso (mm) |

Los resultados que hemos obtenido respecto al objetivo específico identificar las variables bioclimáticas que se relacionan con la distribución geográfica del *Lama guanicoe* coincide con lo encontrado por Gonzales (2013) respecto a la variable de precipitación.

Objetivo Específico: Calcular el cambio del área de distribución del *Lama guanicoe*.

Resultado del objetivo específico:

Se determinó una variación del área de distribución del *Lama guanicoe* de 20%.

El objetivo específico de calcular el cambio del área de distribución del *Lama guanicoe* mediante el uso de MaxEnt en el año futuro 2070 coincide con lo estudiado por (Ortiz, 2020), que realiza un estudio para años futuros y también encontró que el área de distribución potencial disminuye.

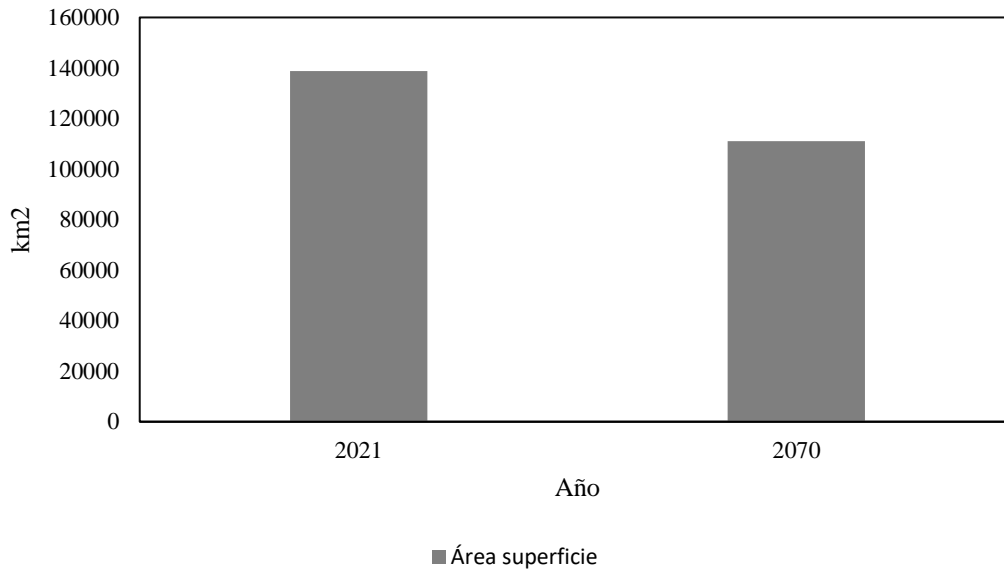


Figura 5. Comparación de Área de distribución del *Lama guanicoe*.

En la región de Perú el cambio de área de distribución es una reducción, lo cual es evidente en la mayoría de las naciones donde alberga al *Lama guanicoe*. El guanaco actualmente es considerado en Peligro, por eso según nuestro modelo predice que va a reducir su área de distribución de acuerdo a las variables de temperatura, lo que nos indica que el cambio climático tiene relación sobre el *Lama guanicoe*.

Objetivo Específico: Realizar el análisis de sensibilidad del área de distribución futura del *Lama guanicoe* mediante el software maxent.

Resultado del objetivo específico:

El modelo indica que nuestro proceso es preciso (mostrará valores entre 0 y 1). AUC=0,886.

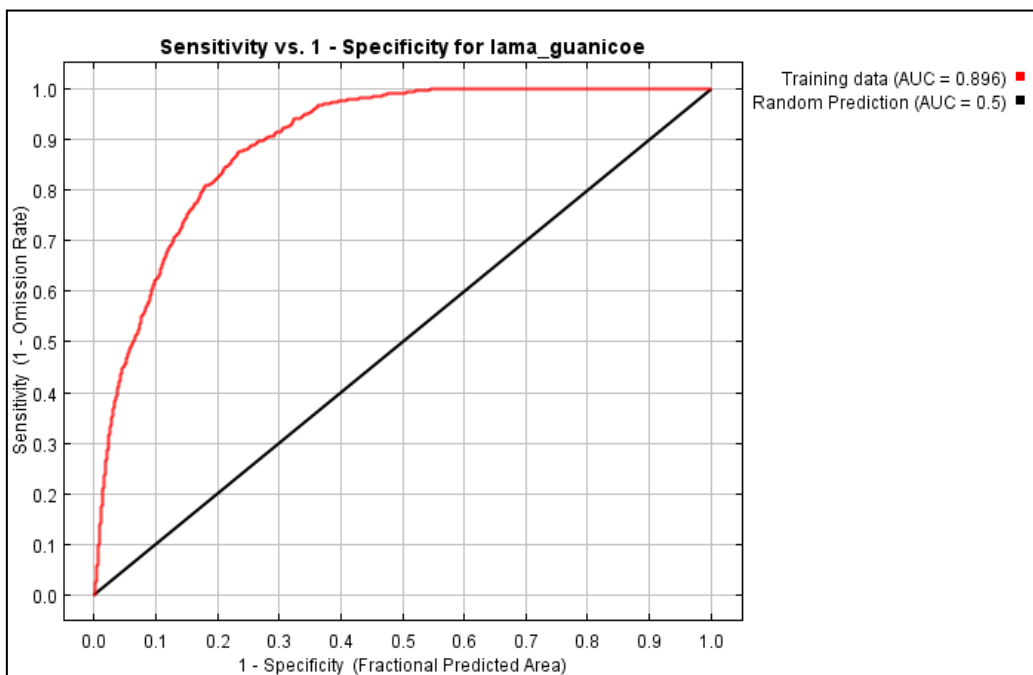


Figura 6. Análisis de sensibilidad del *Lama guanicoe*.

Objetivo Específico: Determinar las estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales al modelo de MaxEnt.

Resultado del objetivo específico:

Tabla 4. Porcentaje de contribución de variable.

| Nombre Variable Bioclimática | Variable | Porcentaje Contribución |
|--|----------|-------------------------|
| Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm) | BIO16 | 28 |
| Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C) | BIO8 | 24,2 |
| Precipitación en el trimestre más caluroso (mm) | BIO18 | 20 |
| Rango medio diario (temp max-temp. Min; promedio mensual) (°C) | BIO2 | 13,3 |
| Estacionalidad en temperatura (SDx100) (°C) | BIO4 | 6,4 |
| Temperatura máxima del periodo más caliente (°C) | BIO5 | 5,6 |
| Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación) | BIO15 | 1,6 |
| Precipitación en el trimestre más seco (mm) | BIO17 | 0,4 |
| Temperatura media en el trimestre más seco (°C) | BIO9 | 0,4 |

En la tabla 4 podemos ver que la variable principal que limita al *Lama guanicoe* en su distribución por todas las áreas es BIO16 (Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm)). Luego sigue la variable BIO8 (Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C)) y BIO18 (Precipitación en el trimestre más caluroso (mm)).

Objetivo Específico: Realizar el Test de Jackknife (AUC) de la importancia de las variables.

Resultado del objetivo específico:

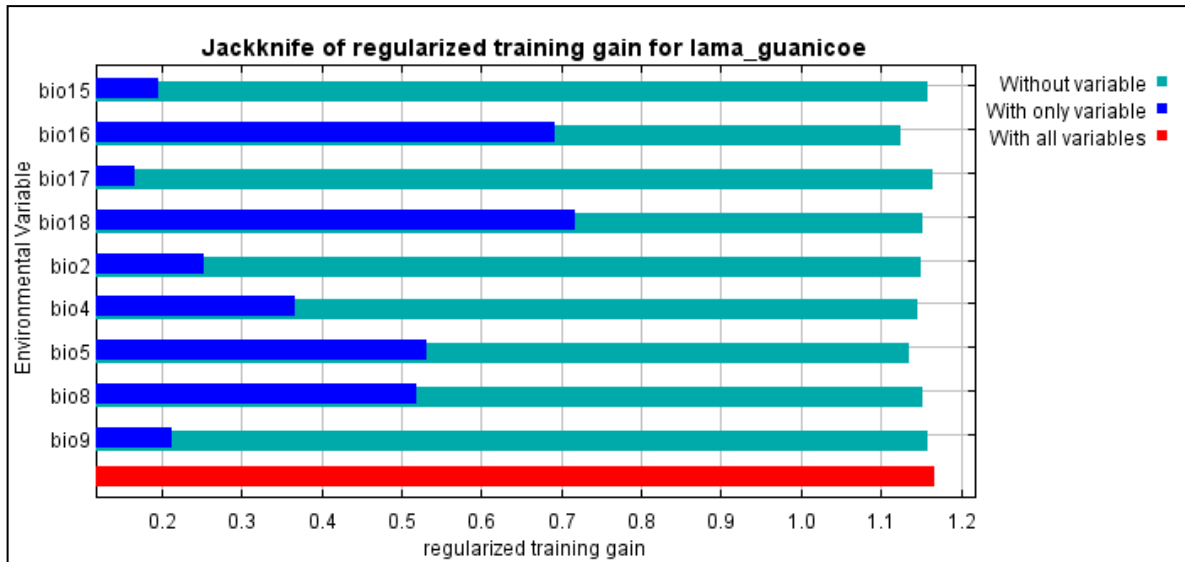


Figura 7. Test de Jackknife (AUC) de la importancia de las variables.

El Test de Jackknife (AUC) nos da la relevancia de las variables climáticas en el modelo de MaxEnt en comparación a todas las variables (barra inferior). La longitud de la barra celeste indica el nivel de estimación de la importancia de cada variable en la distribución de *Lama guanicoe*. (Sabattini, 2017).

4. CONCLUSIONES

En la investigación realizada a la distribución potencial del área geográfica se llegó a la conclusión general que el *Lama guanicoe* se distribuye por los países de Perú, Bolivia, Chile y Argentina en la actualidad y en el futuro.

Las comparaciones entre el área de distribución entre el año 2021 y el 2070 muestran un cambio del 20%, lo cual indica que las variables bioclimática precipitación y temperatura tienen relación significativa en la distribución del *Lama guanicoe*, con lo que se concluye que a medida que pasen los años y la temperatura aumente la distribución del guanaco va a disminuir.

El *Lama guanicoe* para el año 2070 tendrá mayor presencia en la zona de Chile y Argentina, lo cual indica que en esas zonas el rango promedio de precipitación es idóneo para su desarrollo.

Los resultados de investigación indican que al realizar un análisis de sensibilidad del área de distribución futura del *Lama guanicoe* mediante el software MaxEnt, el modelo indica que nuestro proceso es preciso (mostrará valores entre 0 y 1). AUC=0,886.

Los resultados de la investigación confirman que al realizar el Test de Jackknife (AUC) de la importancia de las variables la precipitación y temperatura son las determinantes en la distribución futura de *Lama guanicoe*.

Conociendo que pasará en el futuro los países deben realizar planes de preservación del guanaco teniendo en cuenta el cambio climático, ya que según este estudio va a afectar la vida de esta especie.

Este modelamiento debe ayudar a las autoridades gubernamentales en la toma de acciones de preservar al *Lama guanicoe*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atwoli, L. 2021. Llamamiento a la acción urgente para limitar el aumento de la temperatura global, restaurar la biodiversidad y proteger la salud. *Gaceta Sanitaria*. 35(6), 512-514. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.08.001>.
- Bañuelos, J. 2019. Distribución potencial y abundancia de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en el norte de Zacatecas, México. *Madera y Bosques*. 25(1), DOI: 10.21829/myb.2019.2511657.
- Castillo (2016). Reporte de la presencia de guanacos (*Lama guanicoe cacsilensis*) en las lomas de Marcona y alrededores (Ica-Perú) durante la estación seca. 16(1), 72. DOI: 10.21704/za.v16i1.631
- Fergani, A. 2022. R como un SIG: Extracción de datos climáticos de WorldClim. *Ecología Austral*. 32(1), 001-19. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1119>.
- Fernández, M. 2020. Ventajas de R como herramienta para el Análisis y Visualización de datos en Ciencias Sociales. *Revista Científica de la UCSA*. 7(2), 97-111 <http://doi.org/10.18172/cig.5143>.
- García, E. 2023. GBIF falls short of providing a representative picture of the global distribution of insects. *Systematic Entomology*. 1-9 <https://doi.org/10.1111/syen.12589>.
- González B. (2013). *Definición de unidades de manejo de poblaciones silvestres de guanaco (Lama guanicoe) en Chile*. Tesis de doctorado en ciencias silvoagropecuarias y veterinarias. Universidad de Chile.
- Gonzalez, C. 2019. Endoparásitos en guanaco (*Lama guanicoe*). Revisión de situación en Argentina y registros de la provincia de San Juan. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(1), 339-349. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.14609>.
- Lozano, L. 2021. El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*. 12(1), 101-108 <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>.
- Moscardi, B. 2020. La evolución de la dieta humana en Patagonia fue impulsada por la expansión de *Lama guanicoe* tras la extinción de la megafauna. *Revista de Ciencia Arqueológica*. 115. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105098>.
- Mugiyo, H. 2022. Mapping the spatial distribution of underutilised crop species under climate change using the MaxEnt model: A case of KwaZulu-Natal, South Africa. *Climate Services*. 28. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100330>.
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

- Navarro, A. (2020). Modelamiento de nichos ecológicos de flora amenazada para escenarios de cambio climático en el departamento de Tacna - Perú. *Colombia Forestal*. 23(1), 51-67. <https://doi.org/10.14483/2256201x.14866>.
- Ortiz, D. (2020). Modelado de distribución geográfica del oso andino bajo escenarios de cambio climático en Colombia. Tesis Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil Especialización en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Antonio Nariño.
- Paterson, P. (2017). Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica. *Revista "Política y Estrategia"* 129, 153-188. <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i130.133>
- Penedo, B. 2020. Impacto del cambio climático sobre el bienestar animal en los sistemas ganaderos. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*. 116(5), 424-443. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.028>.
- Quispe, W. (2020, 20 de diciembre). Modelamiento de distribución potencial de avifauna utilizando las herramientas QGIS, DIVAGIS, MaxEnt y R. (Diapositivas de PowerPoint). Help GIS. www.edmodo.com/?language=es
- Rosas, M. 2021. QGIS, un software geoespacial gratuito y de código abierto en constante crecimiento que contribuye al desarrollo científico. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 48(1), <http://doi.org/10.18172/cig.5143>.
- Roux, J. 2019. The vulnerable colombian weasel *Mustela felipei* (Carnivora): new record from Colombia and a review of its distribution in protected areas. *THERYA*. 10(2), 207-210. DOI: 10.12933/therya-19-776 ISSN 2007-3364
- Sabattini, J. (2017) Distribución geográfica potencial de *Atta vollenweideri* Forel en la provincia de Entre Ríos (Argentina). *Ambiència Guarapuava (PR)*.3(1), 31-46. DOI:10.5935/ambiencia.2017.01.02
- Santiago, B. (2019) *Modelos de Distribución Potencial y Escenarios de Cambio Climático para cinco Especies de Aves Amenazadas en Ecuador*. Memoria del trabajo de fin de máster Máster en Biodiversidad Terrestre y Conservación en Islas Universidad de La Laguna.
- Setiawan, A. 2020. Area calculation based on GADM geographic information system database. *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control*. 18(3), 1416-1421 DOI: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i3.14901.
- Shoobridge, D. 2019. El mercado de la cacería – la cacería del mercado: carne de origen silvestre en bosques tropicales. *Scientia Agropecuaria*. 10(3), 433-448. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.15>.