

ESTIMACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS DEL JABALÍ (*Sus scrofa*) EN MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS.

Daniel NUÑEZ SALAZAR^a, María Elena TORRES OLAVE^b, Luis Carlos ALATORRE CEJUDO^b, Mario Iván UC CAMPOS^b email:danielsalazar2@live.com

^a Estudiante de la licenciatura en Geoinformática en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Unidad Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc Carretera Cuauhtémoc-Anáhuac Km 61.5, Calle Ejército Nacional 5220 Col. Ejido Cuauhtémoc Anáhuac Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP 31600

^b Profesor investigador de la licenciatura en Geoinformática en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Unidad Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc Carretera Cuauhtémoc-Anáhuac Km 61.5, Calle Ejército Nacional 5220 Col. Ejido Cuauhtémoc Anáhuac Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP 31600

Resumen

El jabalí Europeo (*Sus scrofa*) es un mamífero de mediano tamaño, omnívoro y de hábitos oportunistas. Es una especie invasora que puede afectar a especies nativas de biología similar, pero también a los ambientes en que se desarrollan, quienes además de causar graves daños a la vegetación nativa y los cultivos agrícolas de las zonas aledañas, depredan a las crías y huevos de los nidos de aves terrestres como codornices y guajolotes silvestres y atacan las madrigueras de pequeños mamíferos. En este estudio se realizó una modelación de la distribución actual del Jabalí Europeo (*Sus scrofa*) en México y Estados Unidos de América, utilizando el modelo de Máxima Entropía (MaxEnt), tomando en cuenta las variables bioclimáticas y topográficas de estos países. Como resultado se generó un mapa de ausencia y presencia de la especie en estos dos países, además se realizó un mapa de probabilidad de presencia de dicha especie.

Palabras clave: México, Estados Unidos, MaxEnt, Especie invasora, Jabalí Europeo (*Sus scrofa*).

ESTIMATION OF ECOLOGICAL NICHE BOAR (*Sus scrofa*) IN MEXICO AND THE UNITED STATES.

Abstract

European wild boar (*Sus scrofa*) is a mammal of medium-sized omnivorous and opportunistic habits. It is an invasive species that can affect native species of similar biology, but also in environments that are developed, who in addition to causing serious damage to native vegetation and agricultural crops from nearby areas, prey on hatchlings and eggs from nests of land birds such as quail and wild turkeys and attack burrows of small mammals. In this study, a modeling of the current distribution of European wild boar (*Sus scrofa*) in México and United States was performed using the model of maximum entropy (MaxEnt), taking into account bioclimatic and topographic variables in this area. Results in a map of the absence and presence of the species in these two countries was generated.

Keywords: Mexico, USA, MaxEnt, invasive species, European wild boar (*Sus scrofa*)

Introducción

El rápido crecimiento de la población humana ha tenido como consecuencia la transformación de los ecosistemas naturales. En muchos casos estas transformaciones han llevado a procesos de invasión de especies en los ecosistemas naturales (Drake & Lodge, 2006).

El jabalí (*Sus scrofa*) es un mamífero de mediano tamaño con un dimorfismo sexual no muy marcado. Los machos son un 5-10% mayor que las hembras y tienen el cráneo más largo. En los machos resulta evidente el tamaño que adquieren los dientes. El desarrollo en longitud de estos dientes es prácticamente constante a lo largo de toda su vida y mantiene un ritmo cercano a los 3 mm anuales (Fernández Llario & Mateos Quesada, 1998).

Como especie nativa: Pueden vivir en una gran variedad de hábitats aunque prefieren zonas con vegetación para cubrirse y no demasiado cálidos y áridos o fríos (Rzedowski, 1978). El jabalí europeo y sus híbridos pueden afectar a especies nativas de biología similar, pero también los ambientes en que se desarrollan, quienes además de causar graves daños a la vegetación nativa y los cultivos agrícolas, depredan a las crías y huevos de los nidos de aves terrestres (Logan, *et al* 2003).

Debido a las liberaciones voluntarias e involuntarias que se han realizado de jabalíes *Sus scrofa* en su mayoría con motivo de deporte en diversas regiones de los EEUU, esta especie ha ido ocupando grandes extensiones de terrenos naturales. Hoy en día según refiere West *et al* (2009), está considerada como una especie problema e incluso como una especie plaga, por los daños que estos animales en vida libre causan a la ecología y diversos problemas asociados con la salud (West, Cooper, & Armstrong, 2009).

El jabalí europeo (*Sus scrofa*) se introdujo en México como especie cinegética y actualmente se encuentra en UMA del norte y centro del país donde en algunos casos se ha convertido en una especie plaga.

Por otro lado los modelos de nicho ecológico son modelos empíricos que relacionan observaciones de campo (presencia-ausencia, abundancia u observaciones azarosas) con variables ambientales.

La modelación de nicho ecológico se utiliza para generar modelos de distribución de las especies, en estas las condiciones ambientales asociadas con los

puntos de ocurrencias de la especie son representados en mapas climáticos basados en sistemas de información geográfica (SIG) y se utilizan para construir un modelo estadístico para predecir las regiones de un hábitat adecuado. Por lo tanto, el modelado requiere de dos tipos de datos: los registros de presencia de la especie en estudio y las variables ambientales. El uso de modelos de distribución podría ser utilizado para establecer las zonas del área de estudio más propensas a ser afectadas por plagas.

El objetivo de este trabajo fue hacer una estimación de sitios potenciales de presencia y posible distribución para llevar a cabo un control de población de jabalí europeo (*Sus Scrofa*).

Área de estudio.

El área de estudio corresponde a dos países que están situados en el continente americano, en el hemisferio norte, los cuales corresponden a México y Estados Unidos de América (INEGI, Referencias geográficas y extensión territorial de México., S.F.) (**Figura 1**)

En la República Mexicana se encuentra en América del Norte y el resto en América Central. México se extiende entre los paralelos 14° 32' 27" en la desembocadura del río Suchiate y el paralelo 32° 43' 06" que pasa por la confluencia del río Gila con el Colorado; así mismo está comprendido entre las longitudes oeste de Greenwich de 118° 22' 00" y 86° 42' 36" respectivamente (INEGI, Referencias geográficas y extensión territorial de México., S.F.).

Cuenta con una superficie continental e insular de 2 millones de kilómetros cuadrados una zona económica exclusiva de 3 millones de kilómetros cuadrados. México cuenta con características geográficas heterogéneas, gran potencial en recursos naturales y mega diversidad biológica y étnica (INEGI, 2004). México es uno de los 12 países mega diversos del mundo. Con alrededor de 200 mil especies diferentes, México es hogar de 10–12% de la biodiversidad mundial. México ocupa el segundo lugar en mamíferos con 448 especies.

En su vasta extensión, EEUU cuenta con desiertos, glaciares, bosques, llanuras y cañones. De acuerdo al clima de cada zona, la vegetación autóctona y vida animal, se caracteriza por la variedad. Debido a su gran tamaño, en EEUU podemos encontrar ejemplos de la mayor parte de los climas del mundo. Las grandes llanuras del sur del país, que se

encuentran al oeste del Atlántico, sufren con frecuencia el azote de los huracanes y los tornados. Es precisamente su topografía llana lo que alimenta estos fenómenos (Ministerio turístico de Ecuador, 2012).

Materiales y métodos.

- Se empleó el programa ArcMap™ 10.2 para el análisis de los datos.
- Se empleó el programa MaxEnt 3.3.3 k.
- Se dio uso al programa Excel 2010 MS Office para la depuración de datos.
- Se creó en ArcMap un polígono que abarcara el área de estudio para utilizarlo de molde para cortar el modelo digital de elevaciones (MDE) el área de estudio.
- También se utilizaron los puntos de ocurrencia del Jabalí europeo (*Sus Scrofa*) los cuales se descargaron de GBIF por sus siglas en inglés (Global Biodiversity Information Facility). Estos puntos de ocurrencia se ingresaron a ArcMap para posteriormente aplicársele la proyección WGS 1984 y se realizó una depuración de para eliminar los datos redundantes, los que no tenían coordenadas y los que estaban fuera del área de estudio obteniendo solo 100 puntos de ocurrencia, estos se importaron a el programa Excel y después se exportaron en formato CVS (Delimitado por comas) para poderlos ingresar al programa MaxEnt (**Figura 2**).
- Se utilizó el MDE así como 19 variables bioclimáticas de todo el mundo los cuales se descargaron de la página de (WorldClim Global Climate Data)
- En el programa MaxEnt se ingresaron los datos de ocurrencia de la especie, las variables bioclimáticas del año 2005 y las variables topográficas (mapa de iluminación, MDE, mapa de ASPECT (Orientación de laderas), mapa de acumulación de flujo y el mapa de curvatura), después en ajustes se modificó para que generara 15 replicas y aplicara la regla de umbral de 10 percentil, luego de esto se corrió el modelo.

Resultados y discusión

Se revisaron las 15 réplicas resultantes del modelo y se eligieron las tres que tenían el valor más alto de (AUC) las cuales fueron la réplica 3, la 13 y la 14. Se importaron a ArcMap™ 10.2 los tres mapas elegidos y se sumaron, después se obtuvo un

promedio de los valores obtenidos de la regla de umbral 10 percentil de los tres mapas elegidos, y después se realizó una reclasificación binaria donde, los valores menores al promedio de los valores del 10 percentil el cual fue 0.26433333 es donde esta especie tiene ausencia y mayores es donde esta especie tiene presencia (**Tabla 1**).

En esta sección se muestran los resultados del modelo de distribución para *Sus scrofa*, obtenido a través del programa de MaxEnt. La (**Figura 3**), muestra el mapa de salida del modelo MaxEnt en formato logístico con valor de 0-1. El modelo potencial de distribución se generó a partir de un mapa binario de presencia ausencia, (Pearson, Raxworthy, Nakamura, & Peterson, 2007).

Los valores de contribución porcentual únicamente están definidos de manera heurística ellos dependen de la ruta particular que usa el código MaxEnt para obtener la solución óptima y un algoritmo diferente podría obtener la misma solución por medio de una ruta distinta, lo cual resultaría en valores de contribución porcentual diferentes. La **Tabla 2** muestra que MaxEnt usó la variable “Precipitación del trimestre más cálido así como también precipitación del trimestre más frío” más que cualquier otra, pero usó muy poco la “Precipitación anual” y el “Mapa de iluminación”.

El modelo generado presento un AUC con un valor de 0.921. La línea azul y roja serán idénticas si hubiéramos usado los mismos datos para el entrenamiento y para la prueba (Phillips et al. 2006). En este estudio se utilizó el 50% de los datos y por lo tanto es normal que la curva roja (entrenamiento) muestre una mayor AUC que la curva azul (prueba). La línea negra muestra lo que esperaríamos si el modelo no fuese mejor que el azar. Si la curva azul (la curva de prueba) estuviera por debajo de la línea negra, entonces indicaría que su modelo se desempeña peor de lo que lo haría un modelo aleatorio. Por el contrario, cuanto más se aproxime la curva azul a la esquina superior izquierda, mejor es el modelo para predecir las presencias contenidas en la muestra de prueba de los datos (Phillips, Dudik, & Schapire, 2006) (**Figura 4**).

Se obtuvo la prueba de “jackknife” correspondiente al AUC. Las barras azul claro sugieren que ninguna variable contiene la cantidad suficiente de información útil que no esté contenida en las otras variables, el color azul significa que se corre el modelo con solo la variable que se quiere analizar y

el color rojo significa que se corre el modelo con todas las variables (Figura 5).

Se realizó un mapa de probabilidad de presencia, haciendo una reclasificación de cuatro clases donde se muestra la probabilidad de presencia muy baja, probabilidad de presencia baja, probabilidad de presencia media y probabilidad de presencia alta (Figura 6). También se generó un mapa dicotómico en el que solo se muestran los valores de presencia y ausencia de la especie (Figura 7). Se observa que los municipios con mayor probabilidad de presencia de *Sus scrofa* en el estado de Chihuahua son: Janos, Casas Grandes, Gómez Farías, Matachi, Temosachi, Guerrero, Bocoyna y Guachochi (Figura 8).

Conclusiones.

Mediante el modelo de Maxent se realizó una modelación de sitios potenciales de presencia de la especie invasora, y en base a esta modelación se logró determinar los sitios donde pueda haber una posible distribución con el fin de llevar a cabo un

control de población de jabalí europeo (*Sus scrofa*). Se puede observar que esta especie tienen una mayor probabilidad de presencia en la sierra madre occidental, esto atribuye que puede tener un fuerte impacto tanto en las especies de flora y fauna nativas, como también puede acabar con especies que están en peligro de extinción, por lo siguiente se puede proponer algún plan de manejo para lograr erradicar esta especie invasora.

El Jabalí europeo o como se le conoce científicamente (*Sus scrofa*) tiene presencia principalmente en centro, noreste y noroeste de la república Mexicana, en el estado de Coahuila la presencia es muy poca. En donde la presencia de la especie es casi nula es en la parte sur del país, que corresponde a los estados de Campeche, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Jalisco y Estado de México. En Estados Unidos se encuentra presencia principalmente en la parte este del país, pero también en toda la zona costera de la parte oeste del país, también podemos encontrar presencia de la especie en la parte central de la parte sur del país esta especie se distribuye principalmente en áreas donde existe algún cultivo para su desarrollo.

FIGURAS Y TABLAS

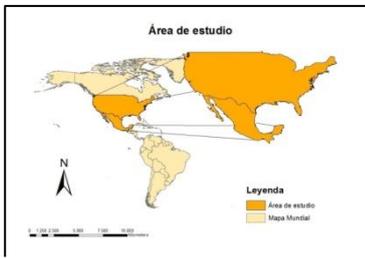


Figura 1.- Mapa de área de estudio.

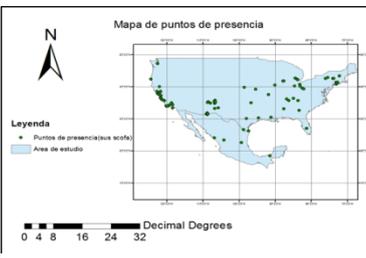


Figura 2.- Mapa de presencia de Jabalí Europeo (*Sus Scrofa*), se puede observar la distribución actual de los puntos de presencia en dicha área de estudio.

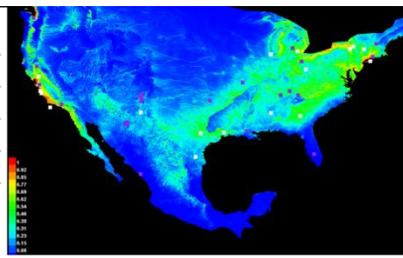


Figura 3.- Mapa de probabilidad de distribución para *Sus Scrofa*, obtenido a través del programa MaxEnt. Los tonos más cálidos muestran las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie.

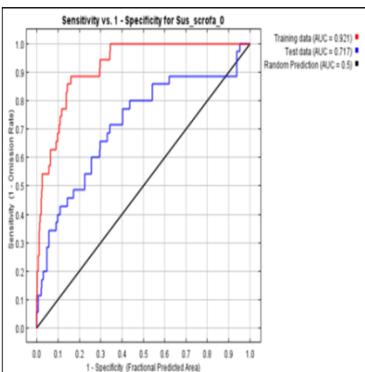


Figura 4.- Curva operada por el receptor (ROC), tanto para los datos de entrenamiento como para los de prueba. La curva que toma valores entre 1 (prueba perfecta) y 0.5 (prueba al azar). Esta área puede interpretarse como la probabilidad de que ante un par de puntos, uno con presencia y otro sin presencia (de la especie), la prueba los califique correctamente.

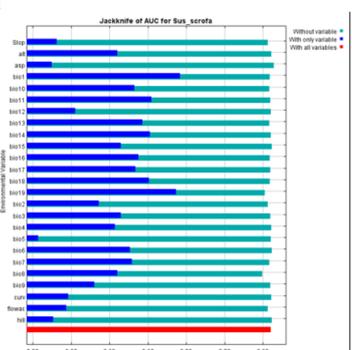


Figura 5.- Prueba de "jackknife" correspondiente al AUC. Las barras azul claro sugieren que ninguna variable contiene la cantidad suficiente de información útil que no esté contenida en las otras variables, el color azul significa que se corre el modelo con solo la variable que se quiere analizar y el color rojo significa que se corre el modelo con todas las variables.

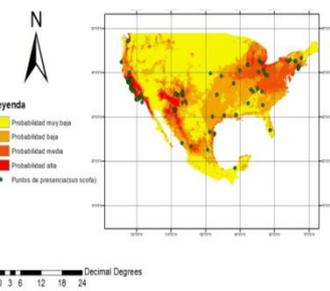


Figura 6.- Mapa de probabilidad de distribución comparado con los puntos de ocurrencia de *Sus scrofa* obtenido a través del programa MaxEnt.

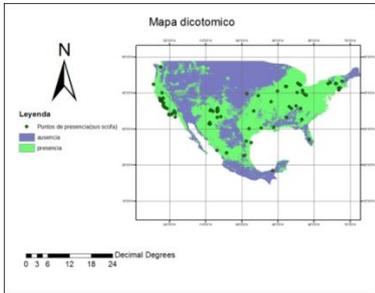


Figura 7.- Mapa dicotómico el cual presenta la ausencia y la presencia de la especie, indicando de color verde la presencia de (*Sus scrofa*) y de color morado la ausencia de la especie.

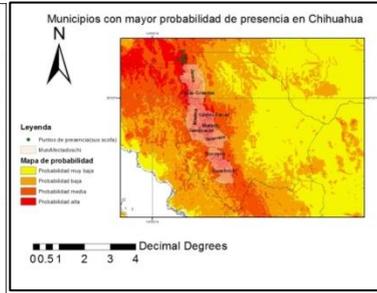


Figura 8.- Mapa de los municipios con una mayor probabilidad de presencia de (*Sus scrofa*) dentro del estado de Chihuahua.

Replica	AUC	Valor de 10 percentil
3	0.933	0.23
13	0.946	0.224
14	0.947	0.339
Promedio		0.26433333

Tabla 1.- Tabla con valores de 10 percentil.

		t
	ual	4.6
	armino(media mensual)Max temp - min temp))	5.6
Bio3	Isotermalidad. Índice de variabilidad de la temperatura (P2/P7)*100(Razón del rango diario promedio con respecto al rango anual)	0.9
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100)	0.9
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)	1.2
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)	4.9
Bio7	Rango de temperatura anual (°C)(temp. máx. del mes más cálido – temp. Mín. del mes más frío)	3.7
Bio8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)	6.5
Bio9	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)	2.5
Bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)	1.7
Bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)	1.6
Bio12	Precipitación anual (mm)	0.6
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)	7.1
Bio14	Precipitación del mes más seco (mm)	0.9
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	1.8
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)	1.1
Bio17	Precipitación del trimestre más seco (mm)	2
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido (mm)	23.2
Bio19	Precipitación del trimestre más frío (mm)	16.7
Alt	Altitud	1.7
Aspect	Mapa de direcciones de las pendientes	2.3
Slope	Mapa de pendientes	3.2
Hillshade	Mapa de iluminación	0.5
FlowAccum	Acumulación de flujo	3.2
Curvature	Curvatura de la superficie	1.6

Tabla 2. La siguiente tabla muestra una estimación heurística de las contribuciones relativas de las variables ambientales para el modelo MaxEnt donde se observan las variables que aportaron una mayor contribución que fue la variables **bio8, bio18, bio19**.

Bibliografía

- Álvarez Romero, J. G., Medellín, R. A., Oliveras de Ita, A., Gómez de Silva, H., & Sánchez, O. (2008). *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Anderson, R., & Martinez Meyer, E. (2004). Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116:167.
- Drake, J., & Lodge, D. (2006). Allee effects, propagule pressure and the probability of establishment: risk analysis for biological invasions. *Biological Invasions*, 365-375.
- Fernández Llario, P., & Mateos Quesada, P. (1998). Body size and reproductive parameters in the wild boar *Sus Scrofa*. *Acta Theriologica*, 439 - 444.
- Flores Armillas, V. H., Botello, F., Sanchez Cordero, V., Garcia Barrios, R., Jaramillo, F., & Gallina Tesaro, S. (2013). Caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Mexicaus) en los bosques templados del Corridor Biológico Chichinautzin y modelacion de su Hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano.
- Global Biodiversity Information Facility. (s.f.). Obtenido de <http://www.gbif.org/>
- INEGI. (2004). "Capitalización de una experiencia" La participación de INEGI en el PROCEDA caso Mexico.
- INEGI. (S.F.). Referencias geográficas y extensión territorial de México.
- Kingdon, J. (1997). The Kingdon field guide to African mammals. *Academic Press*.
- Logan, K., Cienfuegos, E., Tarango, L., Mendoza, G., & Sifuentes, A. (2003). Situación de la fauna exótica cinegética en México. *BIOTAM Nueva Serie*, 1 - 10.
- Ministerio turístico de Ecuador. (2012). *América Turística*. Quito Ecuador.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Peterson, T. A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeogr.*, 34: 102 - 117.
- Phillips, S., Dudik, M., & Schapire, R. (2006). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Princeton University*.
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación en México. *Limusa*.
- Solano Chavez, M. J. (2010). Plan de exportación de malanga orgánica a Estados Unidos.
- Taylor, R. B. (2003). *The feral hog in Texas*. Obtenido de Texas Parks and Wildlife: http://www.tpwd.state.tx.us/huntwild/wild/nuisance/feral_hogs
- West, B. C., Cooper, A. L., & Armstrong, J. B. (2009). Managing wild pigs: A technical guide. *Human - Wildlife Interactions Monograph*, 1 - 55.
- WorldClim Global Climate Data. (s.f.). *Global Climate Data*. Obtenido de <http://www.worldclim.org/>