

APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *Sus scrofa* EN CHIHUAHUA MÉXICO 2015**SPATIO-TEMPORAL APPROACH FOR *Sus scrofa* IN CHIHUAHUA MEXICO 2015**

María Elena Torres-Olave^{1*}, Mario Iván Uc-Campos¹, Manuel Octavio González-León¹, Luis Carlos Bravo-Peña¹, Luis Carlos Alatorre-Cejudo¹, Víctor Manuel Salas-Aguilar¹, Hugo Luis Rojas-Villalobos¹, Alfredo Granados-Olivas¹.

¹Universidad 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 CP 31600.

* Autor por correspondencia: elena.torres@uacj.mx

RECIBIDO: 01/05/2018

ACEPTADO: 08/06/2018

PALABRAS CLAVE:

Estimación,
especie exótica,
especie invasora,
nicho ecológico,
biogeografía.

KEYWORDS:

Estimate,
exotic species,
invasive species,
ecological niche,
biogeography.

RESUMEN

El jabalí europeo (*Sus scrofa*) es una de las especies invasoras más dañinas y cuyo manejo es prioritario a nivel mundial. En Chihuahua, la información en cuanto a su biogeografía es escasa. Este trabajo tiene como objetivo la caracterización de variables ambientales en la distribución espacio-temporal del jabalí europeo en el estado de Chihuahua, México para el año 2015. Se utilizó el algoritmo MaxEnt. Las variables utilizadas para construir el modelo de distribución potencial fueron altitud (Alt) 68.6%, temperatura media del trimestre más cálido (bio9), 72.5% y rango medio diurno (bio2) 22.7%. La aproximación biogeográfica llevada a cabo se basa en la distribución potencial de *Sus scrofa*, que es sólo uno de los componentes de la dinámica biológica de esta especie que debe ser entendida como un sistema natural sumamente complejo.

ABSTRACT

The European wild boar (*Sus scrofa*) is one of the most harmful invasive species and whose management is a priority worldwide. In Chihuahua, information regarding its biogeography is scarce. The objective of this work is the spatio-temporal variable estimation of the European wild boar in the state of Chihuahua, Mexico for the year 2015. The MaxEnt algorithm was used. The variables used to construct the potential distribution model of this species were altitude (Alt) 68.6%, average temperature of the warmest quarter (bio9) 72.5% and average daytime range (bio2) 22.7%. The biogeographical approach carried out is based on the potential distribution of *Sus scrofa*, which is only one of the components of the biological dynamics of this species that should be understood as a highly complex natural system.

INTRODUCCIÓN

Los impactos de las especies invasoras exóticas varían con la geografía, tiempo y especies (Faggi y Perepelizin, 2006; Montenegro, 2009; Capdevila-Argüelles et al., 2013); en combinación con la falta de conocimiento sobre su ocurrencia y distribución en México, hace que las predicciones de los efectos del daño causado por los jabalíes sea difícil de determinar (Uribe y Arita, 1998). Cuando estas especies invasoras llegan a establecerse, se alimentan, compiten por alimento, generan descendencia híbrida con especies nativas, transforman o destruyen el hábitat y además pueden ser portadoras de enfermedades y/o parásitos transmisibles capaces de enfermar y exterminar poblaciones de especies nativas enteras (Ramos de Luna et al., 2018; Velázquez Rodríguez et al., 2016). Por otro lado, se observa que el jabalí (*Sus scrofa*) es una de las especies invasoras más dañinas y cuyo manejo es prioritario a nivel mundial. Sin embargo, en Chihuahua la información en cuanto a su biogeografía es poca. El jabalí (*Sus scrofa*), nativo de Eurasia y norte de África, es el mamífero con mayor distribución en el mundo (Rosell et al., 2001). Se introdujo en América, centro y sur de África así como en las islas de Oceanía (Barrios-García et al., 2012); pues posee gran adaptabilidad y amplia capacidad reproductiva. La UICN lo clasifica como mamífero con potencialidad de alcanzar altas densidades poblacionales (Lowe et al., 2000; Solís-Cámara et al., 2009). Este artiodáctilo, está incluido para México en el Sistema de Información de Especies Invasoras (CONABIO, 2004) y se considera de alta prioridad para el país. En Chihuahua, hay poca información biogeográfica referente a esta especie, sin embargo se sabe, que los sitios que invade presentan daño a nivel de suelos y por ende repercute en la fauna y plantas nativas (Salazar et al., 2015). El pronóstico y mapeo de la distribución de especies, incluyendo el rango geográfico y la variabilidad en el ambiente, es fundamental para la conservación y manejo de la diversidad. Por este motivo, se han incluido los sistemas de información geográfica (SIG) para vigilar y monitorear especies invasoras. En este caso, el uso de modelos de distribución de especies es utilizado para generar las zonas del país más propensas a ser afectadas por especies exóticas. Con esta información los muestreos preventivos pueden ser enfocados a zonas específicas haciendo eficiente el modelo de áreas de distribución potencial que se ha convertido en una herramienta útil para el desarrollo de estrategias de intervención apropiadas. Una alternativa para identificar las variables biofísicas que permiten la presencia del grupo taxonómico es el algoritmo de Máxima Entropía conocido como MaxEnt, (Phillips y Dudík, 2008) el cual combina estadística y métodos bayesianos para estimar distribuciones de máxima entropía sujetas a restricciones dadas por la información ambiental (Dudík et al., 2007). El estudio se basó en la siguiente hipótesis: ¿Es posible identificar mediante el modelado espacio-temporal las variables ambientales que contribuyan a la

presencia de *Sus scrofa* en Chihuahua? Bajo el objetivo principal de caracterizar variables ambientales en la distribución espacio-temporal del jabalí europeo en Chihuahua, México para el año 2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Chihuahua se localiza en la parte central del norte de México (Fig. 1). Colinda al norte con Nuevo México y Texas en Estados Unidos de América, al este con Coahuila de Zaragoza, al sur con Durango y al oeste con Sinaloa. Se ubica entre las coordenadas geográficas 25° 30' y 31° 47' N y 103° 18' hasta 109° 07' O. Es el estado de mayor extensión de México al ocupar el 12% del territorio nacional con una superficie total de 247,45 km². El clima es seco y semiseco. La precipitación media anual es alrededor de 500 mm; El área de estudio incluye cuatro tipos de vegetación dominantes en el estado: desierto, bosque de encinar y pastizales, bosque de pino y la vegetación propia de barranca; para la mitad norte de la entidad siete: bosque montano, bosque de *Quercus grisea*, bosque de *Quercus santaclarensis*, bosques mixtos de encino, bosque espinoso, pastizal de *Bouteloua gracilis* y matorral desértico. Chihuahua posee 16 unidades geológicas, a saber: Regosol (25.46%) Xerosol (20.94), Litosol (20.67), Feozem (15.89%) Yermosol (4.59%), y entre los que abarcan menos del 3% del territorio estatal son: el Cambisol, Luvisol, Renzina, Solonchak, Vertisol, Solonetz, Planosol, Fluvisol, Ranker, Castañozem, Chernozem (INEGI, 2003).

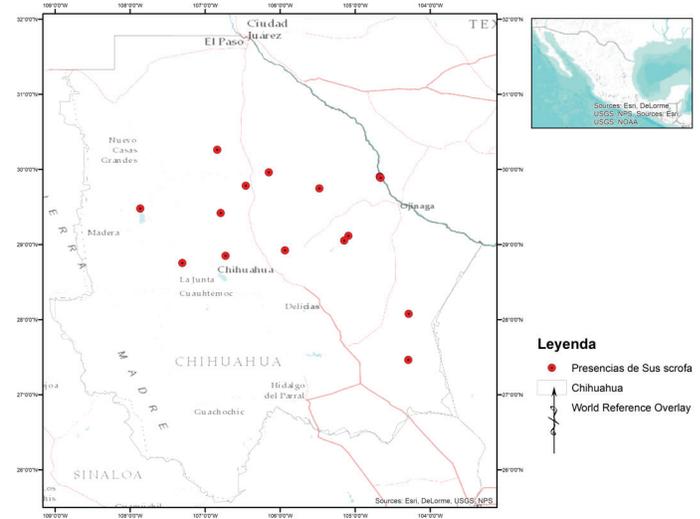


Figura 1. Área de estudio y puntos de presencia de *Sus scrofa*. Fuente: elaboración propia

Bases de datos y procedimiento. Para la generación del área de distribución potencial de *Sus scrofa* se utilizaron 16 registros de ocurrencia ubicados a lo largo de Chihuahua para el año 2015, levantados mediante GPS Garmin eTrex 10 con un receptor de 24 canales (GPS/GLONNAS), precisión < 10 metros en el Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) y Sistema con Aumento de Área Amplia < 5 m (WASS). Se utilizó un conjunto de variables biofísicas de las cuales

19 son climáticas obtenidas de WorldClim (~ 1 km) (Hijmans et al., 2005), 12 NDVI (Índice Normalizado de Vegetación) que indica el verdor de la vegetación en determinada época del año que puede ser un factor que influye en la temporalidad de permanencia de la especie en un lugar; precipitación media anual derivada del sensor MODIS (~ 1 km); una capa de vegetación y uso de suelo; 6 topográficas derivadas del Modelo Digital de Elevación (MDE); sombreado, acumulación, dirección de flujo, pendientes, orientación de laderas y altitud (Z) como se puede observar en la Tabla 1.

Ajuste de resolución espacial y selección de variables.

Debido a que la información recabada fue generada a diferentes escalas fue necesario homogeneizarlas basándose en la resolución de las variables de WorldClim (columnas, renglones y tamaño de pixel, (~1 km)) como en González, 2010. Posteriormente, se analizó la correlación espacial de las 42 variables predictoras a través del coeficiente de correlación Spearman entre pares de variables. Este proceso permitió, descartar aquellas que tuviesen valores de correlación sobre $\rho \geq 0.70$ (ρ (rho)) es una medida de la correlación entre dos variables aleatorias continuas pues coeficientes de 0.5 a 0.7 tienden a ser significativos en muestras pequeñas. EL coeficiente Spearman, debe utilizarse para series de datos en los que existan valores extremos, ya que si se calcula la correlación de Pearson, los resultados no son los más adecuados para su uso posterior en el modelado espacio-temporal (Alegría y Sáez, 2012; Martínez Ortega et al., 2009). Adicionalmente se hizo un muestreo bootstrap (1000 repeticiones), donde se espera que las covariables independientes estén presentes en el mayor número de muestras, mientras que las variables de ruido están presentes como predictores en un número menor de muestras (Austin y Tu, 2004).

Distribución potencial. El algoritmo de MaxEnt se utilizó debido a que su aplicación en trabajos previos ha dado buenos resultados (Phillips et al., 2006) incluso con pocos datos (Bartel, 2008) como en el presente estudio. Normalmente los datos en MaxEnt se dividen en dos conjuntos, uno para la generación del modelo y otro para su validación (Sánchez-Cordero et al., 2005; Navarro et al., 2007; Pearson et al., 2007;). Sin embargo, con pequeños tamaños de muestra este procedimiento no es aplicable ya que se pierde información importante dentro de los datos que se establecen como de validación (Pearson et al., 2007). Para solucionar este problema, se generaron 30 réplicas aplicando la técnica de replicación bootstrapping. De esta manera se realizan particiones aleatorias de los datos en cada replicación y cada modelo se valida con un porcentaje definido por el usuario (en este caso es del 50%). En el bootstrapping el muestreo es con reemplazo, lo que significa que los registros de presencia se pueden utilizar más de una vez en el conjunto de datos de validación para cada réplica (Phillips y Dudík, 2008; Wu et al., 2009). Las variables biofísicas en este caso son de tipo continuo. A fin de estimar cuales son las variables más importantes en el modelo, se realizó una prueba Jackknife, para descartar las variables que no contribuyeron al modelo

y posteriormente se corrió esta prueba nuevamente, con los datos depurados.

Se optó por la salida logística para obtener valores fáciles de procesar ya que se utilizan como probabilidad donde los valores fluctúan entre 0 y 1, donde 0 indica incompatibilidad o ausencia de la especie y 1 muestra idoneidad o probabilidad de que la especie este presente (Phillips y Dudík, 2008). El proceso de evaluación se ejecutó bajo los parámetros establecidos por Phillips y Dudík (2008), y se realizó a través de la curva Operativa Característica del Receptor (ROC) calculando el Área Bajo la Curva (AUC) (Fielding y Bell, 1997) que se obtiene comparando la proporción de falsos y verdaderos positivos, es decir, desplegando en dos ejes X e Y, la proporción de falsos positivos (1-especificidad) y en el eje Y la proporción de positivos verdaderos (sensibilidad) (Phillips y Dudík, 2008).

Posteriormente de las 30 réplicas generadas, se seleccionaron las tres cartografías resultantes de MaxEnt con mayor porcentaje de área bajo la curva para incorporarlos en el software ArcGis en su versión 10.2 de ESRI. Mediante álgebra de mapas, se calculó la suma de dicha selección para obtener un mapa consenso y el promedio (de probabilidad) de estos para así definir las áreas potencialmente idóneas de la especie. Posteriormente, se realizó una reclasificación de los valores en función del umbral establecido por MaxEnt en 10 percentil que indica la probabilidad de que el 10% de los puntos de presencia pueden caer fuera del área de predicción del área de distribución potencial (Naranjo et al., 2014). Aquellas probabilidades por debajo del umbral son transformadas a 0 y se interpreta como ausencia de los jabalíes, las mayores al umbral son transformadas a 1 y representan presencia de la especie. Finalmente, a partir de los modelos de distribución potencial se obtuvieron los rangos altitudinales para la especie y los principales usos de suelo por medio de una operación geoespacial específica para vectores poligonales mediante la herramienta de ArcMap "Intersect".

RESULTADOS.

Con respecto al uso del filtrado estadístico mediante Spearman (correlación sobre $\rho \geq 0.70$), se eliminaron 32 de las 42 variables seleccionadas para la generación del modelo. Los resultados del AUC y el porcentaje de contribución más alto al modelo de dos variables por replica muestran la importancia sostenida de las variables (Tabla 2).

En la Tabla 2 se aprecia la contribución porcentual de las variables utilizadas para construir el modelo de distribución potencial para *Sus scrofa*: Altitud (Alt) 68.6%, temperatura media del trimestre más cálido (bio9) 72.5%, Rango medio diario (bio2) 22.7%.

En cuanto a la cartografía resultante, se obtuvo mediante las réplicas (0,15,19) con AUC mayor a 0.8, donde se muestrala probabilidad de ocurrencia de *Sus scrofa* en el estado de Chihuahua (Fig. 2).

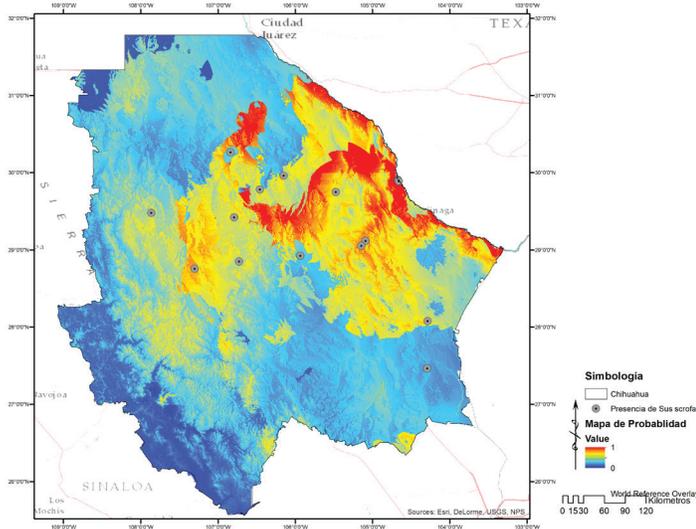


Figura 2. Mapa de probabilidad de ocurrencia de *Sus scrofa* en el estado de Chihuahua. Los valores de probabilidad cercanos a cero indican escasa idoneidad ambiental y los valores próximos a uno una alta idoneidad.

La cartografía resultante puede interpretarse como áreas de aptitud que van de moderada a alta, en los municipios de Ojinaga, Coyame del Sotol, Aldama, Camargo, Jiménez, Ahumada, Riva Palacio, Madera, Bachiniva y Namiquipa; donde *Sus scrofa* tiene mayor probabilidad de existir en esos lugares debido a la disposición de las condiciones ambientales (Fig.2). Por lo que la información producida durante este estudio es oportuna y relevante ya que puede ayudar a pre visualizar áreas que están propensas a ser invadidas, así como, en la planificación de estrategias de manejo y/o control de esta especie invasora. En el mapa de ausencia-presencia (Fig. 3) se observa la distribución potencial de *Sus scrofa* en la cual abarca desde la parte oeste, centro y este del estado sobre uso de suelo del tipo matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, pastizal natural, pastizal halófilo, bosque de encino-pino y agricultura de temporal.

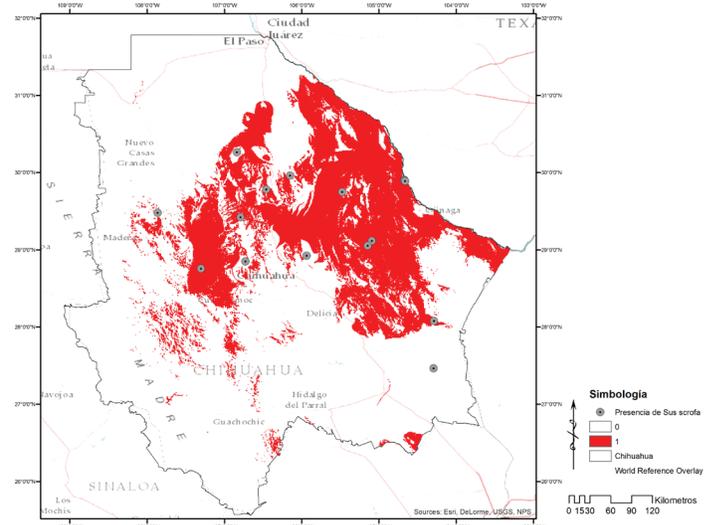


Figura 3. Mapa de presencia/ausencia (0.36, umbral de corte) de *Sus scrofa* en Chihuahua, el color rojo indica la presencia de la especie.

Por otro lado, la prueba de Jackknife señala las variables que aportan mayor información al modelo cuando son utilizadas de forma aislada como la orientación de laderas (aspect), rango medio diurno (bio2), temperatura media del trimestre más cálido (bio9), acumulación de flujo (flowacu), dirección de flujo (flowdir), y altitud (alt) (Fig. 4).

En base a las presencias de *Sus scrofa*, se obtuvieron los valores de usos de suelo que están dentro de esta zona de presencia y se generó un gráfico el cual muestra los seis principales usos de suelo con mayor área de presencia en Km² de *Sus scrofa*. Para los rangos altitudinales con presencia de *Sus scrofa*, se identifica que la especie se distribuye entre 537 y 3081msnm, mientras que las altitudes de presencia para los seis principales usos de suelo fueron de 596 a 2903 msnm (Fig. 5).

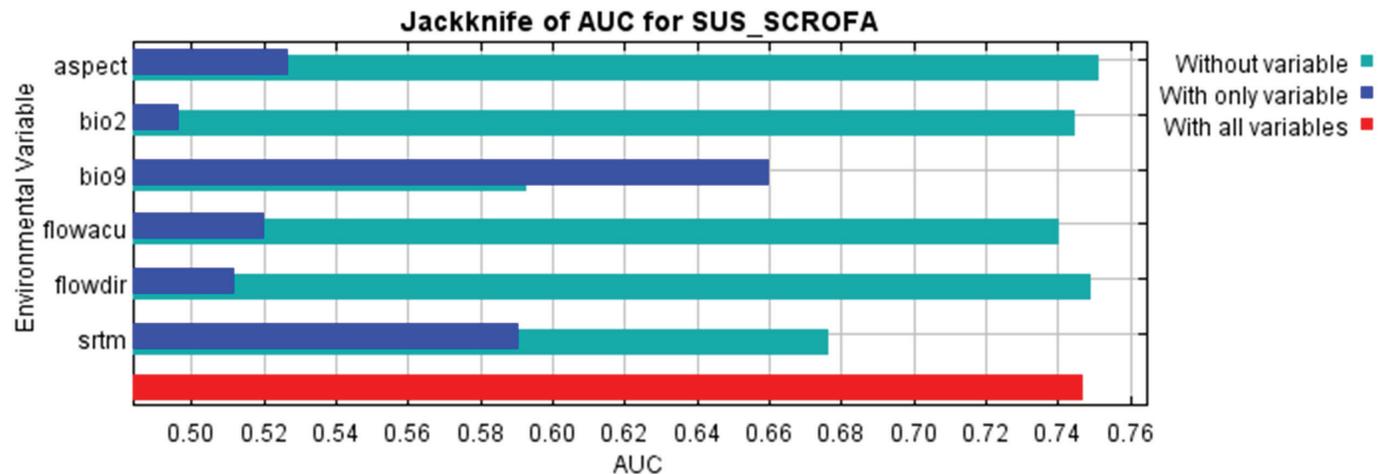


Figura 4. Prueba Jackknife para *Sus scrofa*. Se muestra la ganancia que genera cada variable en tres diferentes escenarios.

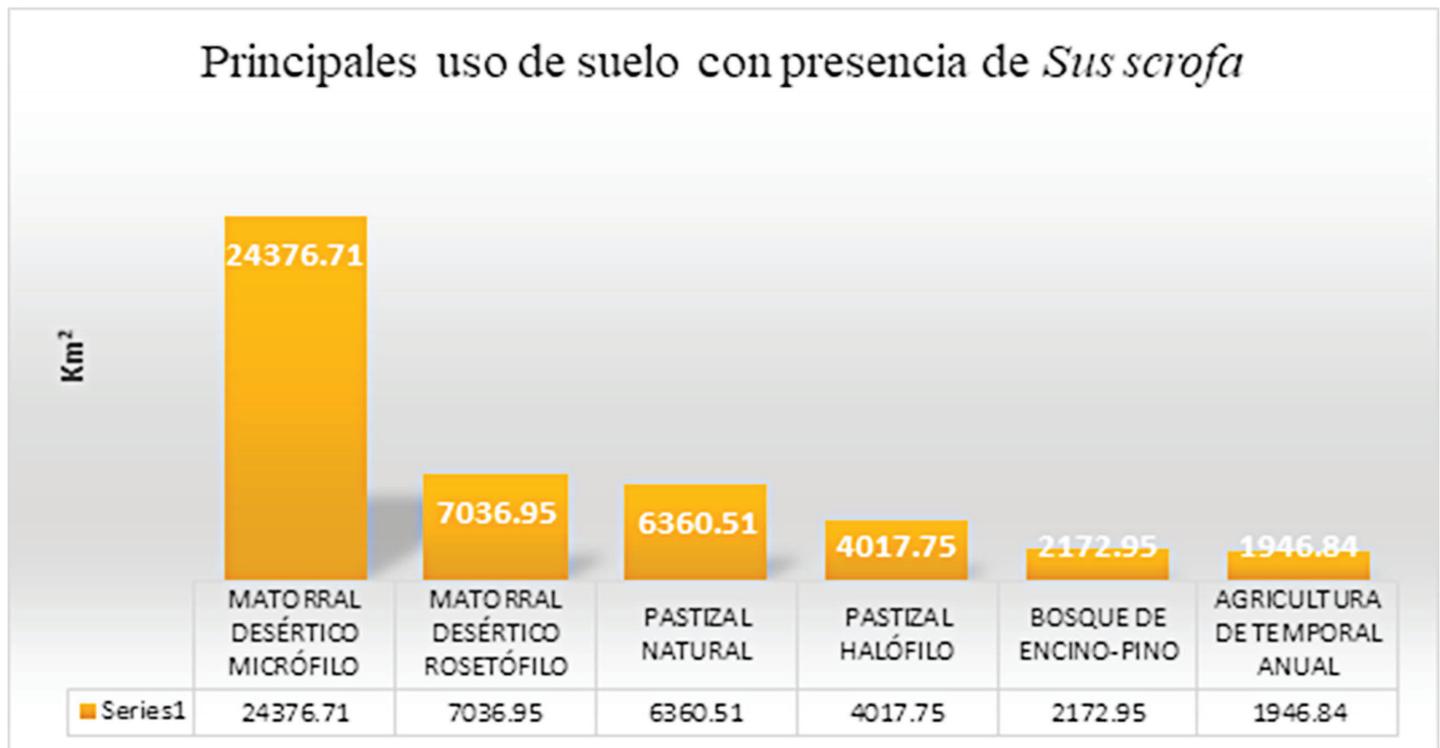


Figura 5. Principales usos de suelo con presencia de *Sus scrofa* en km².

Tabla 2. Resultados de AUC y porcentajes más altos de contribución al modelo de tres variables por replica

Replica	AUC	Variables	Porcentaje de contribución de la variable al modelo
SUS_SCROFA_0	0.94	Alt	68.6
		bio9	29
		bio2	2.4
SUS_SCROFA_15	0.91	bio9	2.5
		Alt	19.3
		flowacu	8.2
SUS_SCROFA_19	0.89	bio9	60.6
		bio2	22.7
		aspect	15.5

Tabla 1. Variables biofísicas utilizadas para generar el modelo espacio-temporal de *Sus scrofa* en Chihuahua, México.

Variable	Descripción
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diurno**
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura
BIO5	Temperatura máxima del mes más caliente
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual
BIO8	Temperatura del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura del trimestre más seco**
BIO10	Temperatura media del trimestre más caliente
BIO11	Temperatura del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de Precipitación
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más caliente
BIO19	Precipitación del trimestre más frío
NDVI1	Índice de vegetación normalizado para enero 2015 https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
NDVI2	Índice de vegetación normalizado para febrero 2015
NDVI3	Índice de vegetación normalizado para marzo 2015
NDVI4	Índice de vegetación normalizado para abril 2015
NDVI5	Índice de vegetación normalizado para mayo 2015
NDVI6	Índice de vegetación normalizado para junio 2015
NDVI7	Índice de vegetación normalizado para julio 2015
NDVI8	Índice de vegetación normalizado para agosto 2015
NDVI9	Índice de vegetación normalizado para septiembre 2015
NDVI10	Índice de vegetación normalizado para octubre 2015
NDVI11	Índice de vegetación normalizado para noviembre 2015
NDVI12	Índice de vegetación normalizado para diciembre 2015
Alt	Altura Z (http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1)**
Precan	Precipitación media anual del sensor MODIS**
Flow dir	Dirección de flujo**
Acu	Acumulación de flujo**
Pend	Pendientes
Asp	Orientación de laderas**
Somb	Sombreado
Uso	Uso de suelo serie V escala 1:250,000 http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

DISCUSIÓN.

Se acepta la hipótesis de que es posible identificar las variables ambientales que contribuyan a la presencia de *Sus scrofa* mediante el modelado espacio-temporal para Chihuahua en el año 2015. Debe tomarse en cuenta que la aproximación espacio-temporal llevada a cabo en el presente estudio se basa en la distribución potencial y caracterización de variables importantes de *Sus scrofa*, que es solo unos de los componentes de la dinámica biológica de esta especie que debe ser entendida como un sistema natural complejo. Se observa que los modelos realizados para estimar la distribución de *Sus scrofa* presentaron valores mayores a 0.95 lo que indica que la confiabilidad del modelo para clasificar las presencias de la especie es más aceptable y precisos que un modelo obtenido al azar; concordando con autores como Austin y Tu (2004); Bartel (2008); Elith et al., (2011) y Phillips et al., (2006). MaxEnt ha demostrado ser una herramienta robusta para modelar sólo con datos de presencia, haciendo predicciones incluso con escasos números de presencia, mejorando el desempeño de numerosas técnicas tradicionales. Actualmente, el modelado con MaxEnt se extiende a numerosos grupos taxonómicos, a distintas áreas geográficas y diversos objetivos específicos (Navarro et al., 2007; Pearson et al., 2007). Por su parte, los resultados obtenidos por la prueba de Jaccknife coinciden con lo reportado por diversos autores en cuanto a la utilización de estas variables en la biología de la especie como por ejemplo la orientación de laderas (aspect), indicando que la alimentación de los jabalíes es significativamente menor en las pendientes secas que en otros tipos de hábitat como en los bosques ribereños, los fondos de los valles y las zonas agrícolas (Cahill et al., 2003). La pendiente de los lugares para descanso varió de 0 a 5 grados en verano, mientras que en invierno alcanza los 20°C. Probablemente esto se relaciona a una mejor insolación, drenaje de agua (suelo) y a un periodo más corto de persistencia de la nieve (D'Andrea et al., 2014). En cuanto a rango medio diurno (bio2) y temperatura media del trimestre más cálido (bio9), se señala que los ritmos de actividad controlados internamente están influenciados por una serie de factores ambientales cíclicos como el fotoperiodo, fluctuaciones de temperatura y episodios de alimentación regulares; factores que se dan de manera interactiva y moldea el comportamiento espacio-temporal de *Sus scrofa* (Podgórski et al., 2013). Por otro lado, *Sus scrofa*, gusta de lugares sombreados, permaneciendo en ríos y charcos durante las horas calientes (Baldi Salas, 2007). Por último, como efecto de la altitud en zonas montañosas se observa un comportamiento de invierno donde *Sus scrofa* baja de altitudes de 2300 msnm (áreas de descanso) a áreas de alimentación (800 - 1.300 msnm). En verano, el rango de altitud es más corto y las áreas de descanso se superponen a los lugares de alimentación (800 - 1.200 m) (D'Andrea et al., 2014). Aunado a estos factores, la presión humana puede afectar directamente el comportamiento y puede resultar en cambios hacia

una actividad nocturna o influir en los movimientos y patrones de uso de espacio (Jeppesen, 1987; Wood y Breneman, 1980; Podgórski et al., 2013;). Esta especie se reporta en todo el estado (Ceballos, 1997; Velázquez Rodríguez et al., 2016) (Figura 5), por lo que la ocurrencia es común a pesar de que las condiciones ambientales no son idóneas para la presencia; lo cual se refleja en la variedad de hábitats que abarca en el estado (Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Pastizal natural, Pastizal halófilo, Bosque de encino-pino, Agricultura de temporal anual, entre las principales). Además, debe destacarse que el jabalí puede soportar densidades de población superiores al resto de los mamíferos de su tamaño debido a que sigue una estrategia demográfica de tipo r, presentando un alto potencial reproductor y permitiéndole, por tanto, una extraordinaria adaptación a las variaciones del medio (Saez-Royuela y Tellería, 1987). Lo anterior, evidencia la capacidad de adaptación a diferentes ambientes por parte de este artiodáctilo y por otro lado, el sub-registro de puntos de presencia en un ambiente más amplio.

Por último se recomienda que el monitoreo de especies y sus resultados de distribución potencial se puedan llevar de una manera eficiente empleando los servicios o plataformas de mapeo web; de esta manera se contaría con un sistema actualizado de cartografía que permita evidenciar su presencia, no solo en el estado o región geográfica específica; si no que se alcancen resultados a nivel nacional que puedan ser visualizados, analizados y vigilados vía internet por expertos e investigadores del tema, inclusive en tiempo real.

LITERATURA CITADA

- Alegria, J. y Sáez, M.P. 2012. Curso básico de estadística para los grados en: economía y administración y dirección de empresas. 46 pp.
- Austin, P.C. y Tu, J.V. 2004. Bootstrap methods for developing predictive models. *The American Statistician* 58: 131-137.
- Baldi Salas, M. 2007. Perfil sanitario del cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) de la Isla del Coco-Costa Rica.
- Barrios-García, M.N. y Ballari, S.A. 2012. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and nativerange: a review. *Biological Invasions* 14: 2283-2300.
- Bartel, R.A. 2008. Effects of disturbance on hábitat dynamics of a rare species. North Carolina State University.
- Cahill, S., Llimona, F. y Gràcia, J. 2003. Spacing and nocturnal activity of wild boar *Sus scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. *Wildlife Biology* 9(1): 3-13.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B., y Álvarez, V.Á.S. 2013. Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies

- Exóticas Invasoras. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección biológica.
- Ceballos, H.T.A.Y.G. 1997. Los mamíferos de Mexico: distribución y estado de conservación The mammals of Mexico: distribution and conservation status. *Revista Mexicana De Mastozoología 2*: 33-71.
- CONABIO, P. d. G. 2004. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <https://www.gob.mx/conabio>. Fecha de consulta 3 septiembre 2017.
- D'Andrea, L., Durio, P., Perrone, A., y Pirone, S. 2014. Preliminary data of the wild boar (*Sus scrofa*) space use in mountain environment. *Journal of Mountain Ecology 3*.
- Dudík, M., Phillips, S.J. y Schapire, R.E. 2007. Maximum entropy density estimation with generalized regularization and an application to species distribution modeling. *Journal of Machine Learning Research 8*: 1217-1260.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., y Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions 17*: 43-57.
- Faggi, A. y Perepelizin, P. 2006. Riqueza de aves a lo largo de un gradiente de urbanización en la ciudad de Buenos Aires. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie 8*: 289-297.
- Fielding, A.H. y Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation 24*: 38-49.
- González-Lozano, F. A. 2010. *Manual introductorio ArcGis 10*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology 25(15)*: 1965-1978.
- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. INEGI. Chihuahua, México.
- Jeppesen, J.L. 1987. Impact of human disturbance on home range, movements and activity of red deer (*Cervus elaphus*) in a Danish environment. *Danish Review of Game Biology (Denmark)*.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Vol. 12. Auckland: Invasive Species Specialist Group. 56 pp.
- Martínez Ortega, R.M., Tuya Pendás, L.C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., y Cánovas, A. M. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas, 8(2)*.
- Montenegro, O.L. 2009. Biological Conservation and its Evolutionary Perspective. *Acta Biológica Colombiana 14*. 255-268.
- Morales, N. 2012. Modelos de distribución de especies: Software MaxEnt y sus aplicaciones en Conservación. *Rev. Cons. Amb., Notas y Comentarios 2*.
- Naranjo, M., Moreno, A.C., y Martín, S. 2014. 3EIBS: ¿Dónde buscar troglobiontes? Ensayo de una cartografía predictiva con MaxEnt en Gran Canaria (islas Canarias). *Arxius de Miscellània Zoològica 12*: 83-92.
- Navarro, J.C., Liria, J., Pinango, H., y Barrera, R. 2007. Biogeographic area relationships in Venezuela: A parsimony analysis of Culicidae-Phytotelmata distribution in National Parks. *Zootaxa 1547(1)*: 1-19.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., y Townsend Peterson, A. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of biogeography 34(1)*: 102-117.
- Phillips, S. J., y Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography 31(2)*: 161-175.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling 190(3)*: 231-259.
- Phillips, S.J., y Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography 31(2)*: 161-175.
- Podgórski, T., Baś, G., Jędrzejewska, B., Sönnichsen, L., Śnieżko, S., Jędrzejewski, W. y Okarma, H. 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy 94(1)*: 109-119.
- Ramos de Luna, C.Y., Romero, P., Co-Asesor, B.J.A., y Co-Asesor, A.O.M. J. 2018. Situación del marrano asilvestrado en el norte de México.
- Rosell, C., Fernández-Llario, P., y Herrero, J. 2001. El jabalí (*Sus scrofa*) Linnaeus, 1758. *Galemys 13(2)*: 1-25.
- Saez-Royuela, C. y Telleria, J. 1987. Reproductive trends of the wild boar (*Sus scrofa*) in Spain. *Folia zoologica 36(1)*: 21-25.

Salazar, D.N., Torres-Olave, M.E., y Alatorre, L.C. 2015. Estimación de nicho ecológico del jabalí (*Sus scrofa*) en México y Estados Unidos.

Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., Sarkar, S., y Peterson, A. T. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126(4): 465-473.

Solís-Cámara, A.B., Arnaud-Franco, G., Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P. y Montes-Sánchez, J.J. 2009. Evaluación de la población de cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y su impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2(2): 173-188.

Uribe, J. y Arita, H.T. 1998. Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 75: 47-71.

Velázquez Rodríguez, M E., Hernandez, G., González Morales, H.C., Co-Asesor, M.S.C., y Moyeda Davila, A.I. 2016. Cerdos asilvestrados (*Sus scrofa domesticus*) en el norte de México.

Wood, G.W. y Brenneman, R.E. 1980. Movement patterns and habitat utilization by feral swine in the lower-coastal plain of South Carolina. *Journal of Wildlife Management* 44: 241-252.

Wu, D., Lee, W.S., Ye, N., y Chieu, H.L. 2009. Domain adaptive bootstrapping for named entity recognition. *Paper presented at the Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Volume 3*. 1523-1532. <https://dl.acm.org/citation>.