



---

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ZORRA GRIS (*Urocyon cinereoargenteus*) DEL ESTADO DE OAXACA**

Tesis que para obtener el título de  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:  
**KARINA DIAZ MARIN**

DIRECTOR DE TESIS:  
**DR. JESÚS MARTÍNEZ VÁZQUEZ**



PUEBLA

ENERO, 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor, Jesús Martínez, que me ha guiado con paciencia y calma a lo largo de esta travesía. Para mis docentes, quienes me compartieron sus conocimientos y enseñanzas, sin las cuales no estaría aquí en este momento.

A mis amigos les agradezco sus palabras de aliento, su consuelo, comprensión, tengo tanto que agradecer y aunque sé que estás pocas líneas no son suficientes, trataré de expresarme. Para Nelly, quien me ha cuidado durante largos años, trajiste mucho amor a mi vida, a Oxana, por todas las noches que nos desvelamos juntas, por el apoyo, la comprensión y las risas, también quiero mencionar a Paco, Maga, Aris, Fer y Naye, chicos, hicieron mis años de universidad más felices.

Javier, cariño, sin ti nada de esto sería posible, has sido cómplice de cada pequeño y gran paso, agradezco tu comprensión, tu paciencia, amor, confianza y dedicación, tu compañía es un pilar en mi vida. Gracias por permanecer.

Finalmente, Pandora y Hades, quienes, durante esta larga travesía, me dieron tanto apoyo moral, acompañándome en esas largas noches escribiendo, usando sus pelitos para hacerme cosquillas en el corazón.

## DEDICATORIA

A Javier, por cuidarme y ayudarme a brotar.

*«Soy lo que has hecho de mí. Toma mis elogios, toma mi culpa, toma todo el éxito, toma el fracaso, en resumen, tómame.»*

-Charles Dickens

## ÍNDICE

RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	9
HIPÓTESIS	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
RESULTADOS	15
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIÓN	26
BIBLIOGRAFÍA	27

## RESUMEN

Cuando se realizan estudios de distribución geográfica potencial, las variables climáticas son un factor determinante para los modelos por lo que es necesario comprender su importancia. El objetivo de este estudio fue conocer la distribución geográfica potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca, así como las variables cuya influencia es mayor para la distribución de la especie. Se realizaron modelos de distribución potencial utilizando el programa de Máxima Entropía (MaxEnt) con 472 registros válidos correspondientes al estado de Oaxaca. Los mapas han sido elaborados realizando 100 réplicas mientras que para determinar qué variables tienen un mayor impacto en la distribución potencial se empleó la prueba de Jackknife. Del mismo modo ha sido necesario considerar variables climáticas y topográficas, también se han considerado datos como la vegetación y la actividad antrópica tomando datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En este estudio se concluyó que las variables que tienen mayor influencia en la distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* fueron la isothermalidad y la temperatura del mes más cálido, mientras que, con respecto a la cobertura vegetal, se encuentra mayormente distribuido en bosques mesófilos de montaña y en bosques de pino-encino, pero tiene una amplia tolerancia a los ambientes antropizados. Este estudio otorgó una aproximación confiable a la distribución geográfica potencial de *Urocyon cinereoargenteus*, así como a las variables que la determinan. Esta información tiene un impacto positivo en los programas de conservación de la especie, así como en sus planes de manejo.

**Palabras clave:** *Urocyon cinereoargenteus*, distribución potencial, MaxEnt, variables climáticas.

## INTRODUCCIÓN

México en la actualidad, es considerado un país megadiverso, debido a que en él convergen la región Neártica y Neotropical (Luna-Vega, 2008) de modo que una serie de componentes vinculados están presentes al mismo tiempo, entre estos factores se puede mencionar a la topografía, la geografía, la diversidad del hábitat, asimismo la historia geográfica (Ceballos y Oliva, 2005). México se encuentra localizado entre los 17 países megadiversos, el significado de esto es que, reúne entre el 65 y 70% de la riqueza mundial de especies (Mittermeier *et al.*, 1997); los primeros estudios sobre biodiversidad arrojaron que México era poseedor de entre el 10 y el 12% de la diversidad del mundo (Sarukhán *et al.*, 2009) sin embargo, estos datos se encuentran sujetos a cambios, a causa del incremento en el acervo de conocimientos aunado a los estudios realizados al respecto.

Es necesario esclarecer el término de biodiversidad; la “biodiversidad” es un concepto que incluye a todas las formas en que la vida se manifiesta en la Tierra. De manera laxa, la biodiversidad no se encuentra limitada a el número de especies que han pisado la tierra a lo largo de la historia, de hecho incluye también la variación genética en individuos y poblaciones, e incluso la diversidad de ecosistemas y biomas (Wilson, 1988), en resumen, la biodiversidad engloba tanto a las variedades de tipos de ecosistemas como las variantes de organismos de una especie, así sean seleccionados de manera artificial como en el caso de los perros (*Canis lupus familiaris*) o especies de fauna silvestre como los mapaches (*Procyon lotor*); Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

Con respecto la biodiversidad de mamíferos en nuestro país, en total, se documentan 168 géneros, 496 especies y 881 subespecies (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014) sin embargo, esta cifra es propensa a variaciones, esto se debe a cambios taxonómicos, incluido en sus órdenes se puede mencionar a los carnívora los cuales se encuentran distribuidos por toda la República Mexicana, se consideran necesarios para preservar la salud de los ecosistemas y son sumamente importantes en el mantenimiento de la diversidad de los mismos.

El orden carnívora está caracterizado por poseer un conjunto de caracteres que hacen posible su agrupación, entre ellos se destaca; su alimentación, la visión binocular, dentadura y garras fuertes que les otorgan la capacidad de desgarrar carne, así también la presencia de muelas carniceras y caninos fuertemente desarrollados (Gallina, 2016).

Los carnívoros presentan características muy especiales, que los han mantenido como un grupo poco conocido por los científicos. Esto es debido a que un porcentaje significativo de las especies presenta hábitos nocturnos o crepusculares, además, estos organismos son elusivos al hombre, sus hábitos de desplazamiento son solitarios, recorren grandes extensiones territoriales, aunado a lo anterior, poseen nichos ecológicos especializados, tienen bajas tasas de reproducción, son depredadores, y tienen abundancias bajas poblacionales (Servín, 2013). Es de vital importancia el estudio de este grupo de organismos debido al papel que desempeñan en el equilibrio de los ecosistemas.

Los cánidos tienen una distribución potencial amplia, siendo la familia Canidae considerada una de las familias con mayor distribución, se han diversificado para habitar una amplia variedad de lugares. Las especies se encuentran en ambientes desérticos, sabanas, bosques tropicales y templados, áreas costeras y ambientes árticos (Padilla y Hilton, 2014). Los cánidos varían en tamaño, en ellos existe un dimorfismo sexual, pueden ser solitarios o vivir en manadas con un funcionamiento social complejo.

El punto de inserción del músculo digástrico se ensancha en varios taxones de cánidos, formando un lóbulo subangular en la rama horizontal de la mandíbula, que se ha planteado como una adaptación funcional para el movimiento rápido de la mandíbula (Padilla y Hilton, 2014). Su dieta puede ser omnívora o carnívora estricta y están adaptados para viajar grandes distancias puesto que, al igual que otros carnívoros necesitan grandes extensiones de territorio.

*Urocyon* es un género de cánidos en el cual se localizan únicamente dos especies vivientes, éstas habitan en América: *Urocyon littoralis* y *Urocyon cinereoargenteus*. La zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775) se considera un

mesodepredador caracterizado por sus hábitos solitarios, es poseedor de un rango de actividad diurno y nocturno, así mismo es el único cánido del que se tenga evidencia que posee la capacidad de subir a los árboles gracias a sus garras semiretráctiles (Fuller *et al.*, 2004). Tiene una alimentación omnívora dentro de la cual incluye pequeños vertebrados, invertebrados y frutos (González *et al.*, 1992; Guerrero *et al.*, 2002).

Las extremidades son delgadas y relativamente cortas, aunque no tanto que impidan el rápido movimiento. Terminan en cinco dedos las anteriores y cuatro las posteriores, están equipadas con uñas largas, afiladas y semi-retractiles que le permiten trepar a los árboles (Aranda, 2000).

Como en muchos mamíferos, en la especie se encuentra presente un dimorfismo sexual, evidente en el tamaño corporal como de medidas craneales lineales (Grinnell *et al.*, 1937; Rohde, 1966; Collins, 1993) aunado a esto, los organismos son considerados principalmente monógamos (Fritzell y Haroldson, 1982; Crooks y Van Vuren, 1996). De modo que, cualquier diferencia en la magnitud del dimorfismo entre los organismos de esta especie no debería ser asociada con variaciones en el sistema de apareamiento.

Se encuentra ampliamente distribuido en América, su zona de distribución abarca desde el sur de Canadá hasta el norte de Venezuela y Colombia, sin embargo, no es posible encontrarlo en algunas porciones montañosas del norte de Estados Unidos, las Grandes Planicies y el Este de Centroamérica (Fritzell y Haroldson, 1982). Lo anterior quiere decir que es posible encontrar a este organismo tanto en la región Neártica como en la región Neotropical.

Los ejemplares presentes en México en general son grises y con una mancha negra en el dorso de la cola; el pecho y la garganta son blancos; los costados tienen una mancha café canela, mide 80 cm de largo con una cola de 30 cm. Las patas son pequeñas, y tienen una medida aproximada de 12 cm, su peso máximo es de 6 kg. Su longevidad se estima entre 10 y 15 años. El ámbito hogareño de los machos es de 135-140 ha y el de las hembras es 105 a 110 ha (Fritzell y Haroldson, 1982).



Como se ha mencionado con anterioridad, los carnívoros tienen requerimientos específicos para el área en la cual habitan, incluyendo tipos de vegetación, precipitación, humedad relativa, temperatura entre otros. Para *Urocyon cinereoargenteus* la materia vegetal es un recurso alimenticio importante para su desarrollo (Hockman y Chapman, 1983). Conocer las variables climatológicas de un lugar y los requerimientos específicos de un organismo nos otorga la capacidad de realizar modelos predictivos precisos de su distribución potencial.

Sin embargo, la zorra gris es una especie con un nivel de adaptabilidad alto, lo que le permite tener un rango de distribución considerablemente amplio en comparación con otros carnívoros. Es considerada como un depredador oportunista en cuya dieta también se incluyen organismos de fácil captura. Debido a su dieta oportunista basada en insectos y mamíferos pequeños, las zorras son especies tolerantes a los cambios de cobertura vegetal, esto les ha permitido adaptarse a las transformaciones del paisaje y sobrevivir en hábitats fragmentados, degradados y altamente antropizados (Alberico *et al.*, 2000), su dieta varía en respuesta a la disponibilidad del alimento, llegando incluso a consumir pequeños frutos y fungiendo, así como dispersor de semillas.

En un estudio realizado por Escalante *et al.* (2014) corroboraron que la zorra gris tiene un papel importante en la dispersión de los frutos que consume al realizar pruebas en sus heces para determinar la composición de estas. Al realizar un análisis parcial de la dieta de la zorra gris queda en evidencia su alto consumo de material vegetal, seguido de insectos y en menor proporción de mamíferos pequeños. De manera que, se ha obtenido evidencia que esta especie se comporta como insectívoro-omnívoro durante todo el año, con una marcada preferencia hacia la frugivoría durante la estación seca (Nuñez y Bozzolo, 2006).

La zorra gris suele vivir en madrigueras, éstas se encuentran ubicadas en troncos huecos, así como en lugares rocosos, o huecos en la tierra. Su periodo de reproducción en condiciones óptimas suele localizarse entre los meses de diciembre y abril, la duración de su gestación oscila entre los 51 y 63 días. Mientras que, el tamaño de la camada oscila entre una y seis crías. Los cachorros comúnmente

pesan cerca de 100 gramos al nacer y poseen un pelaje oscuro. Al cumplir cuatro meses los cachorros se empiezan a alimentar solos (Fritzell y Haroldson, 1982).

Se han realizado estudios para determinar el tipo de cobertura vegetal en donde existe mayor abundancia de la zorra gris (Servín *et al.*, 2016); los resultados mostraron que la abundancia es mayor en vegetación consistente con bosques mesófilos fragmentados debido a cultivo de caña y café incluso si el bosque mesófilo está perturbado, se considera un hábitat óptimo para el establecimiento de la zorra gris (Gallina *et al.*, 2008; García *et al.*, 2014).

No obstante, otro estudio realizado por Servín *et al.* (2014) en Durango, demostraron que las poblaciones establecidas en esa zona tienen una clara preferencia por la cobertura vegetal del bosque de pino-encino, esto concuerda con lo establecido por Alberico *et al.* (2000) en un estudio donde afirman que la zorra gris es una especie con una alta capacidad de adaptabilidad además de poseer una excelente capacidad para aprovechar los recursos que se encuentran disponibles en donde habita.

Utilizando variables climáticas, los algoritmos que son capaces de estimar la distribución potencial de las especies con registros de solo presencia, tienen la capacidad de identificar las áreas con características climáticas similares a los sitios en donde previamente han sido observadas las especies (Fischer *et al.*, 2001).

El modelo de nicho ecológico (ENM) se ha convertido en la herramienta predilecta para predecir la distribución de una especie en un marco ecológico. Cuando utilizamos este enfoque, los datos de presencia y/o ausencia de especies se correlaciona con distintas variables que pueden atribuirse a la distribución del nicho de la especie (Ray *et al.*, 2018).

Para hablar de los programas de modelado de nicho ecológico debemos primero entender el concepto; en la actualidad el concepto utilizado para hablar de nicho ecológico tiene sus raíces en el propuesto por Hutchinson en el año 1957 “Un hipervolumen de n-dimensiones donde se encuentran las condiciones ambientales en las cuales la especie puede sobrevivir. Todo el espacio posible para aprovechar

por la especie es su nicho fundamental o potencial”, una aclarado el concepto es necesario comprender la importancia.

Los modelos predictivos sobre el nicho ecológico de las especies están basados en el análisis de las condiciones ambientales de los sitios con existencias conocidas (Peterson *et al.*, 1999), diciéndolo de otra manera, para realizar estudios de distribución potencial resulta indispensable contar con una base de datos bien estructurada y sustentada, esto debido a que según un estudio de Anderson *et al.* (2003) la exactitud de los datos de presencia-ausencia tiene una relación directa en los resultados del modelo.

El objetivo de estos métodos de modelación es predecir la idoneidad del medio ambiental para las especies, en relación con su nicho ecológico (Phillips *et al.*, 2006). Existe una variedad de supuestos ecológicos en las variables ambientales que se usan para la generación de estos modelos, un ejemplo de esto sería la presencia de una correspondencia temporal entre las localidades de ocurrencia de las especies y las variables medioambientales (Anderson y Martínez-Meyer, 2004); por otro lado, es necesario que las variables posean impacto en la distribución de las especies a una escala que resulte relevante, determinada por la extensión geográfica y el tamaño (Pearson *et al.*, 2004). La elección apropiada de las variables ambientales para el modelado de nicho se encuentra directamente relacionado con el grado en el cual el modelo tenga la capacidad de ser extrapolado a otras regiones (Phillips *et al.*, 2006).

Hoy en día los Modelos de Nicho Ecológico son considerados modelos empíricos los cuales establecen una relación entre las observaciones de campo con variables predictoras ambientales (Guisan y Zimmermann, 2000). Cada uno de estos métodos tiene fortalezas y limitaciones específicas, de modo que resulta particularmente importante elegir el método de modelado correcto para predecir la distribución de especies diversas, tomando en consideración la biología de la especie, así como sus necesidades específicas relacionadas con la alimentación o la cobertura vegetal, sin dejar de lado su etología (Ray *et al.*, 2018).

MaxEnt (Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions) es un algoritmo que permite generar mapas de distribución potencial de especies usando bases de datos con coordenadas de distribución, archivos cartográficos y variables ambientales, lo que permite realizar predicciones sobre la distribución de las especies. Enfoque que posee como objetivo encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía, la cual es la más cercana a la uniforme, sujeta a las restricciones que previamente han sido impuestas por la distribución espacial observada de las especies y las variables ambientales (Slater y Michael, 2012). Lo que da como resultado el modelo de Maxent es la distribución de entropía máxima que es capaz de satisfacer estas restricciones y, por lo tanto, permite proporcionar la descripción menos sesgada para un conjunto de datos determinado.

El programa de GARP presenta como un inconveniente la predicción excesiva, esto se debe a que los datos de ausencia fácilmente resultan inexactos e insuficientes si son comparados con los datos de presencia (Ray *et al.*, 2018). Lo anteriormente mencionado resulta de vital importancia debido a que *Urocyon cinereoargenteus* por ser carnívoros tienen un comportamiento evasivo hacia los humanos, y pueden encontrarse en lugares de difícil acceso, de modo que son considerados un grupo poco estudiado, así que las faltas de registros no necesariamente representan una ausencia real, si no que podrían responder a un muestreo sesgado.

Según un estudio realizado por Ray *et al.* (2018) la diferencia entre los dos enfoques está en el algoritmo, así como en los tipos de datos de especies, es decir, para el modelo GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production) son necesarios datos de presencia y ausencia, mientras que MaxEnt necesita solo los datos de presencia.

El cambio antrópico de uso de suelo se considera una de las principales amenazas para la conservación de mamíferos carnívoros. Su impacto no sólo es geográfico, también es biológico, de modo que es crítico generar información local para valorar su estado y oportunidades de conservación (Riojas *et al.*, 2019). Al generar modelos predictivos podemos diseñar modelos que sirvan como herramientas para la conservación de esta especie.

Existen antecedentes sobre la distribución potencial de otros cánidos, tal es el caso de *Canis latrans*; un estudio realizado por Elvir *et al.* (2019) determinaron la distribución potencial de esta especie utilizando el programa MaxEnt, encontrando que el coyote posee una capacidad de resiliencia alta, lo que le permite mantener poblaciones estables en ambientes fragmentados por cultivos de café u otros cultivos.

Mientras que, en un estudio realizado por Armenta *et al.* (2018) en el cual también fue usado el programa MaxEnt para establecer la distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Sonora, México se determinó que la zorra gris es una especie generalista, aunque prefiere zonas boscosas, así mismo establecieron que, las variables climáticas que mayor influencia tienen en su distribución son: la precipitación durante el mes más frío, el intervalo medio diurno y la temperatura media en el trimestre más seco.

Predecir la distribución potencial permite que, en estudios posteriores, sea posible proponer planes de manejo y conservación, del mismo modo conocer los patrones de distribución aproximados permite anticipar los movimientos de la especie, de manera que sea posible crear pasos de fauna. Por otra parte, esta información puede ser utilizada para dar pláticas de concientización a la población sobre el organismo y su importancia ecológica.

Aunque actualmente la zorra gris es considerada una especie de preocupación menor, el aumento de la mancha urbana, la contaminación en mantos acuíferos, el tráfico de especies y la pérdida gradual de su hábitat podría hacer que las poblaciones de esta disminuyan, gracias a lo anterior debemos tomar medidas para que no se convierta en una especie amenazada.

## **OBJETIVO**

Identificar las zonas de distribución geográfica potencial de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* mediante el uso de un modelo predictivo de la distribución potencial en el estado de Oaxaca.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Identificar las variables climáticas y topográficas que poseen mayor influencia en la distribución geográfica potencial de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca.

Conocer los patrones de distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca.

## HIPÓTESIS

*Urocyon cinereoargenteus* es una especie generalista, sin embargo, prefiere ambientes boscosos (Fritzell y Haroldson, 1982) de modo que, las variables climáticas que mayor influencia tendrán en su distribución serán aquellas relacionadas con la vegetación boscosa, por ejemplo, la temperatura.

Mientras que otras variables como la altitud no tendrán una influencia directa sobre la distribución de *U. cinereoargenteus*, puesto que, si bien es cierto que está directamente relacionada con la vegetación también es necesario considerar que la zorra gris no tiene relaciones coevolutivas, de modo que cualquier ambiente boscoso le permite desarrollarse.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Oaxaca se encuentra ubicado en la porción meridional de la República Mexicana. Colinda al norte y noreste con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero (Figura 1). Se divide en 30 distritos y 570 municipios, posee una extensión de 91 783 km<sup>2</sup>, y representa 4.8% de la superficie nacional, colocándolo como el quinto estado más grande de la República Mexicana (Ordóñez, 2000).



**Figura 1.** Mapa de la República Mexicana con división política (CONABIO, 2018).

La posición geográfica, el relieve accidentado, la exposición a sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en la vertiente del Pacífico como la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del océano son factores que contribuyen a la alta variabilidad de climas en Oaxaca (CONABIO, 2018). Según INEGI (2017) la temperatura media anual de Oaxaca es de 18°C, el 47% de su territorio tiene clima cálido subhúmedo; 22% cálido húmedo; 16% templado húmedo; 11% seco y semiseco; el resto del estado presenta climas templados subhúmedo



hacia el sur y noroeste del estado, principalmente en zonas con altitudes entre 2 mil y 3 mil metros (INEGI, 2013).

La distribución potencial se ha generado con los registros de avistamientos obtenidos en GBIF (GBIF.org (27 January 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.b2dmp7>).

La base de datos comprendió 472 registros de *Urocyon cinereoargenteus* pertenecientes al estado de Oaxaca, los registros que se obtuvieron carecen de registros duplicados, comprenden de 1869 hasta el año 2020.

Las capas climáticas que han sido utilizadas para generar los mapas de distribución potencial cubrieron un intervalo temporal desde el año de 1970 hasta el año 2000, usando las 19 variables climáticas obtenidas mediante Worldclim (Fick y Hijmans, 2017) de donde también se ha obtenido la variable correspondiente a la altitud.

Debido a la extensión de las capas de WorldClim, fue necesario descargar un shape para delimitar su extensión (CONABIO, 2018) y mediante el programa ArcGIS (10.4.1) se recortó la capa, lo cual es necesario para diferenciar el área a estudiar, por otro lado, con el mismo programa fue posible cambiar el formato de los datos, es decir, pasar del formato TIF en el que descargan los datos de Worldclim al formato Bil, para de esta manera hacer posible el manejo de los datos en MaxEnt (Ramírez y Bueno, 2009).

Los mapas de distribución potencial fueron generados en el programa Maximum Entropy Species Distribution Modeling, MaxEnt (Steven J. Phillips, Miroslav Dudik, Robert E. Schapire. [Internet] Software Maxent para modelar nichos y distribuciones de especies (Versión 3.4.1)) con 10 variables climáticas con poca correlación: Intervalo medio diurno, Isothermalidad, Temperatura máxima del mes más cálido, Temperatura mínima del mes más frío, Rango Anual de Temperatura, Precipitación del mes más seco, Estacionalidad de la precipitación, Precipitación del trimestre más cálido y finalmente Altitud; se ha utilizado la resolución de 30 segundos. Fueron conservados los parámetros predeterminados del programa MaxEnt, debido a la sugerencia de Phillips *et al.* (2006).

<b>Variables climáticas</b>	<b>Abreviatura</b>
Intervalo medio diurno	BIO2
Isotermalidad	BIO3
Temperatura máxima del mes más cálido	BIO5
Temperatura mínima del mes más frío	BIO6
Rango Anual de Temperatura	BIO7
Precipitación del mes más seco	BIO14
Estacionalidad de la precipitación	BIO15
Precipitación del trimestre más cálido	BIO 18
Altitud	ALT

Para obtener confiabilidad en los datos, durante la modelación se han realizado 100 réplicas, siendo necesario utilizar el método bootstrap para el remuestreo, también se han utilizado los valores del área debajo de la curva (AUC) de cada réplica, con el fin de crear histogramas de frecuencia. Después de ser comprobada la distribución del total de las réplicas, el valor señalado como representativo será aquel que corresponda a la mediana con el fin de evadir los valores alojados en los extremos.

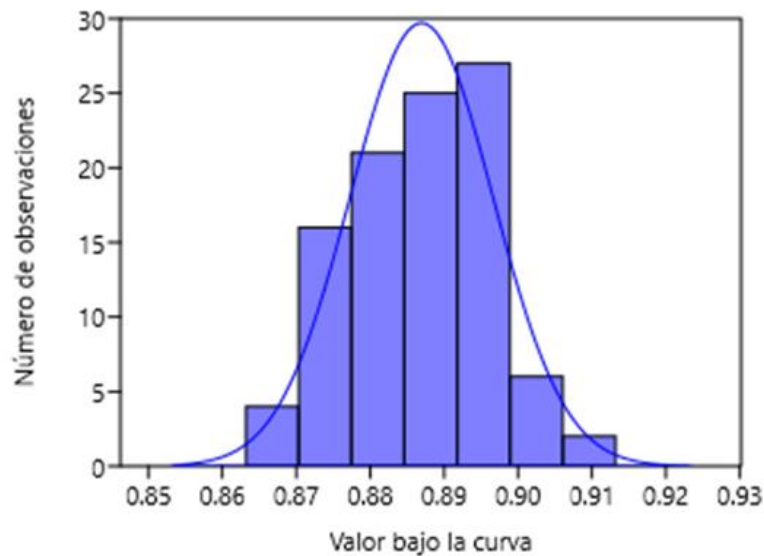
Es conveniente mencionar que el análisis se ha hecho utilizando el 70% de los datos para la creación de mapas, mientras que el 30% fue usado para validar el modelo creado (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

Para determinar las variables que poseen mayor influencia en la distribución potencial fue necesario analizar las medias de los resultados obtenidos del programa MaxEnt, incluyendo la prueba Jackknife y la estimación de porcentaje de contribución relativa (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014). Para evaluar cómo las variables con mayor influencia se conducen sobre el modelo se usarán las curvas respuesta que MaxEnt aporta, la información de estas curvas corresponde a la acción de cada variable al modelo predictivo (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

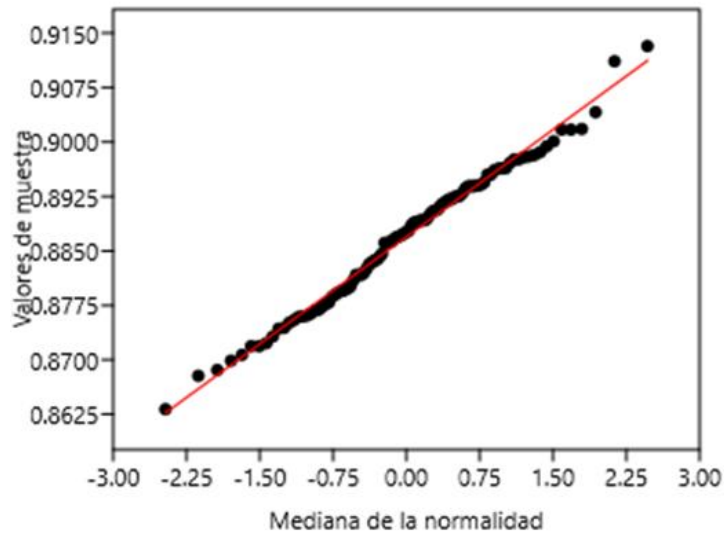
## RESULTADOS

Se obtuvieron 518 registros de la base de datos GBIF; posteriormente se inició la depuración de la información para obtener un modelo confiable de la distribución potencial de dicho taxón hasta obtener 472 registros válidos de presencia de la zorra gris en el estado de Oaxaca.

La normalidad de los datos fue comprobado mediante el uso de la prueba Shapiro Wilks, obteniendo un valor de; ( $W=0.99$ ;  $p:60$ ) así mismo, los datos se usaron para elaborar un histograma que corrobora la normalidad (Figura 2), el cual mostró la tendencia de los datos hacia la normalidad, finalmente también fue realizada una gráfica de normalidad, que al igual que las pruebas anteriores demostró que los datos son estadísticamente normales (Figura 3).

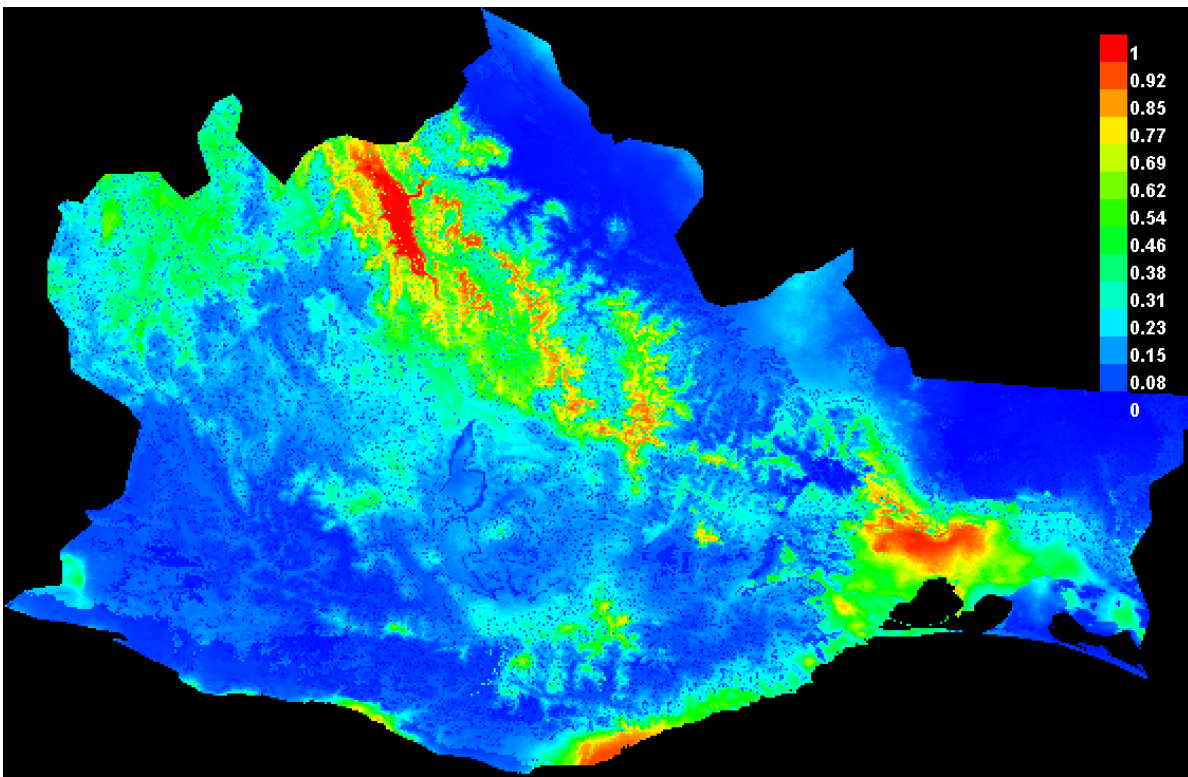


**Figura 2.** Histograma de frecuencias (AUC).



**Figura 3.** Gráfica de probabilidad normal.

Por medio de MaxEnt fue posible elaborar un mapa que mostró la distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* para el estado de Oaxaca, en este mapa las zonas coloreadas en rojo representan los lugares donde las condiciones ambientales favorecen la presencia de la especie, mientras que, entre más fríos sean los colores, es menor la abundancia de este organismo en esa zona (Figura 4). Aquellas zonas donde la especie tiene mayor abundancia son La Sierra Norte, Cañada, Istmo, y la Costa de Oaxaca, lo que representa aproximadamente el 24% de la totalidad del territorio.



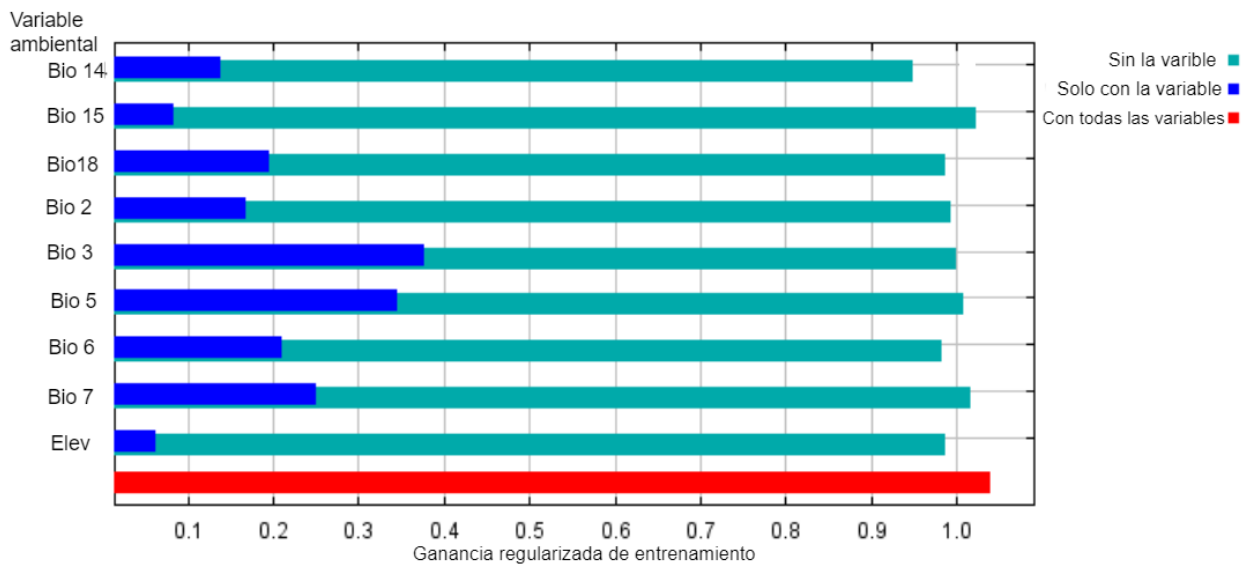
**Figura 4.** Distribución geográfica potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca, usando el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt). Las zonas con colores más cálidos corresponden a áreas con condiciones propicias para la presencia de la especie.

La prueba de Jackknife indica que la variable con mayor porcentaje de contribución corresponde a la temperatura máxima del mes más cálido (BIO 5) con un 27% seguido por la isothermalidad (BIO3) cuyo porcentaje corresponde al 18.1% y el intervalo medio diario (BIO 2) con un 11.2% (Tabla 1), de manera que es posible afirmar que aquellas variables que poseen mayor influencia en la distribución geográfica potencial es la temperatura máxima del mes más cálido (BIO5) y la isothermalidad (BIO3) y el intervalo medio diario (BIO2). Al comparar con la prueba de Jackknife observamos una coincidencia en las variables con mayor porcentaje de aporte en los modelos como se aprecia más adelante (Tabla 1; Figura 5).

**Tabla 1.** Porcentaje de contribución relativa de variables ambientales a los modelos de distribución de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca.

ALT	BIO2	BIO3	BIO5	BIO6	BIO7	BIO14	BIO15	BIO18
4.2%	11.2%	18.1%	27%	10.8%	9.7%	8%	4.2%	6.6%

Para poder valorar la contribución de cada variable ambiental al modelo, MaxEnt se realizó la prueba de Jackknife (Figura 5), la cual produce tres modelos, el primero con todas las variables excluyendo a la variable de la cual se quiere conocer la contribución, el segundo solo con esa variable, gracias a lo cual será posible determinar el aporte individual de la variable seleccionada, mientras que el tercero trabaja con todas las variables (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014). En la prueba de Jackknife coinciden las variables con mayor porcentaje de aporte en los modelos.



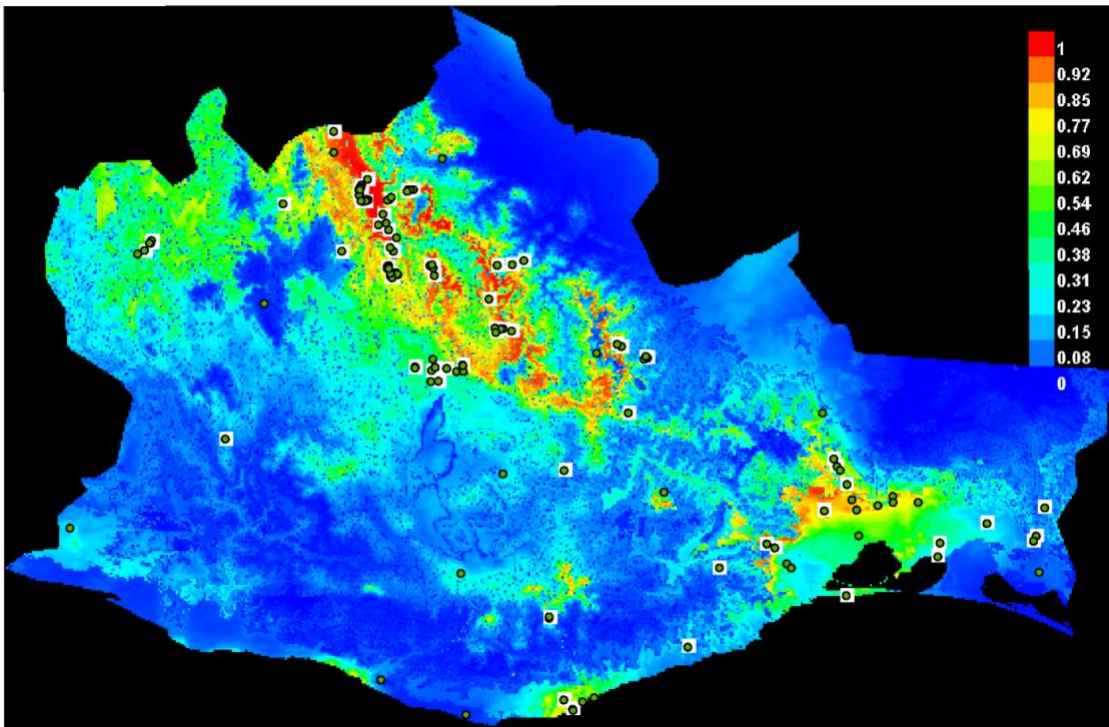
**Figura 5.** Valores correspondientes a la prueba Jackknife tomando en consideración el AUC para establecer la importancia de las variables usando los datos de entrenamiento en el modelo de distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca.

La distribución de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca se da en zonas donde la vegetación dominante es selva, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y zonas dedicadas a la agricultura, así mismo coinciden con un clima de cálido subhúmedo a seco muy cálido.



## DISCUSIÓN

Los registros obtenidos de la base de datos son congruentes con la distribución potencial mostrada por MaxEnt (Figura 6), estableciendo que el uso de datos de presencia resulta más eficiente debido a que las ausencias pueden deberse a una gama más amplia de diversidad de factores como podría ser un muestreo sesgado, inaccesibilidad al área de estudio, falta de estudios en la zona, entre otros (Ray *et al.*, 2018). La zorra gris se encuentra ampliamente distribuida en el estado de Oaxaca, caso contrario al Jaguar (*Panthera onca*) ya que la mayoría de los registros actuales se concentran en áreas montañosas, principalmente en zonas poco accesibles y alejadas de grandes poblaciones; destacándose la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas y Sierra Madre de Oaxaca (Briones, 2012), lo que se explica debido a la baja adaptabilidad que posee el jaguar para adaptarse a ambientes antropizados así como su necesidad de una cobertura vegetal densa.



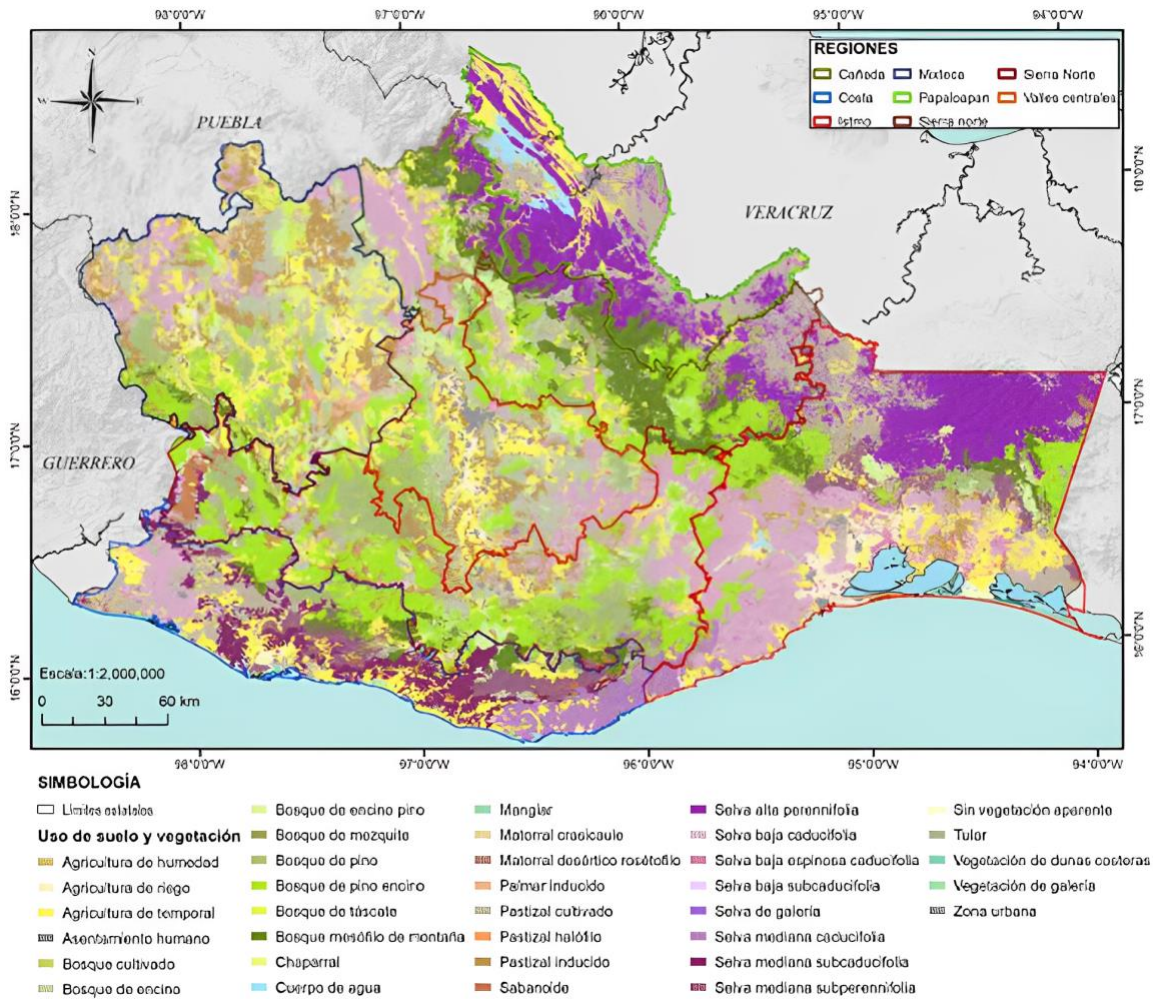
**Figura 6.** Distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus*. Los círculos verdes muestran aquellas localidades donde se registraron avistamientos de la zorra gris, los cuadrados blancos por otro lado marcan las zonas potenciales.

Durante este estudio se determinó que las variables con mayor influencia son la isothermalidad, la temperatura del mes más cálido, y el intervalo diurno, mientras que un estudio realizado por Armenta *et al.* (2018) en el cual se evaluó la distribución potencial de *U. cinereoargenteus* en el estado de Sonora les permitió determinar que aquellas variables con mayor influencia fueron la precipitación durante el mes más frío, el intervalo medio diurno y la temperatura media en el trimestre más seco, se observa que una de las variables con más influencia coincide con las encontradas durante este estudio, mientras que las dos variables que no coinciden están relacionadas con la precipitación y la temperatura, lo que podría ser resultado de la diferencia de clima entre ambos estados.

Con respecto a la vegetación, Gallina *et al.* (2016) determinaron que la cobertura vegetal con mayor abundancia de *Urocyon cinereoargenteus* es el bosque mesófilo fragmentado por el cultivo de caña o café, esto debido a que esta especie es considerada un depredador oportunista de modo que tiene una baja especificidad con las presas que captura, llegando a consumir frutos. Del mismo modo, Gallina *et al.* (2008) y García *et al.* (2014) determinaron que el bosque mesófilo de montaña es el hábitat óptimo para la zorra gris.

Por otro lado, en Durango Servín (2014) concluyó que *U. cinereoargenteus* prefería desarrollarse en cobertura vegetal correspondiente a bosques de pino-encino, lo que tiene concordancia con estudios previos realizados por Alberico *et al.* (2000) quienes mencionan que, los individuos pertenecientes a esta especie poseen un nivel alto de adaptabilidad además de poseer una capacidad muy desarrollada para aprovechar los recursos del hábitat en el que se encuentra.

Las aseveraciones anteriores coinciden parcialmente con los resultados obtenidos en este estudio ya que se observa la presencia de la zorra gris en bosques de pino-encino y bosques mesófilos de montaña lo que es una clara concordancia con el mapa de cobertura vegetal (CONABIO, 2018; Figura 7) con el mapa de distribución potencial, producto de MaxEnt (Figura 6), sin embargo notamos que también se distribuye en selvas bajas caducifolias, subcaducifolias, lo anterior es debido a su alta capacidad de adaptación

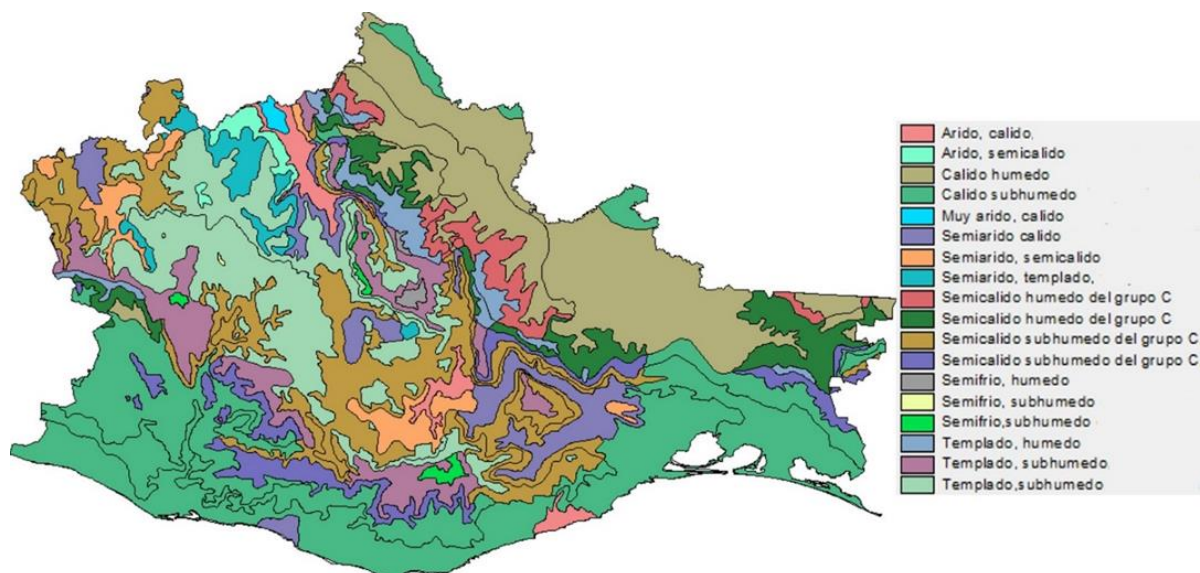


**Figura 7.** Tipos de vegetación presentes en el estado de Oaxaca (CONABIO, 2018).

Las variables climáticas son de vital importancia para la distribución de las especies y la zorra gris no es una excepción. Según Fritzell y Haroldson (1982) es posible encontrar a este organismo tanto en la región Neártica como en la región Neotropical. Asimismo, mencionan que, aunque su adaptabilidad es muy alta, suelen preferir climas templados a cálidos.

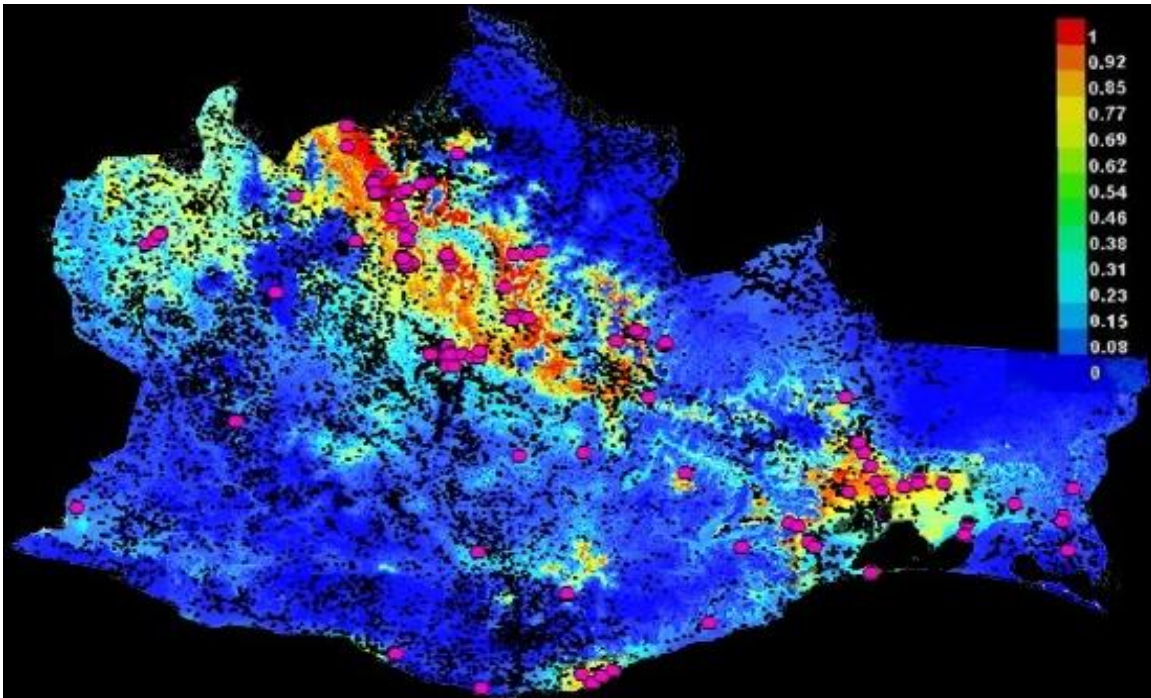
Oaxaca es un estado con una variedad de climas muy grande, por lo que cumple con las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de *Urocyon cinereoargenteus*, al observar el mapa climático (Figura 8) resulta concordante con

los resultados obtenidos en este estudio (Figura 6), demostrando que aquellas zonas en donde predomina un clima cálido corresponden a los lugares que en este estudio fueron señalados como óptimos para el desarrollo de la especie (Sierra Norte, Cañada, Istmo y la Costa de Oaxaca).



**Figura 8.** Tipos de climas en el estado de Oaxaca.

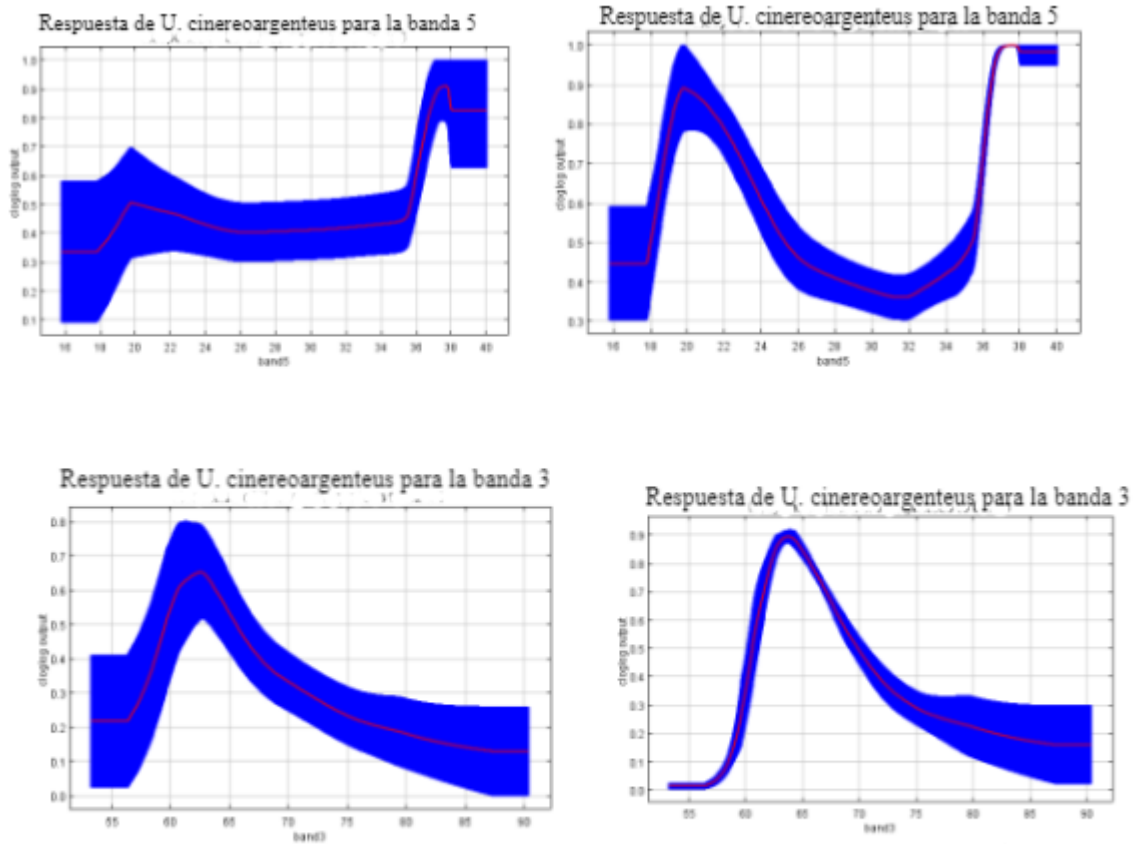
Con relación a los ambientes antropizados, fue utilizado el mapa de distribución potencial que se ha obtenido en este estudio para posteriormente superponer un mapa de localidades de la República Mexicana (INEGI, 2019), una vez hecho lo anterior, ha quedado evidenciado que algunas de las zonas con presencia potencial de *Urocyon cinereoargenteus* se encuentran superpuestas con áreas antropizadas, considerando que la región del Istmo y Costa son la segunda y tercera región respectivamente con mayor concentración poblacional (Figura 9). Alberico *et al.* (2000) mencionan que la zorra gris es un depredador oportunista, por lo que ha podido adaptarse a la vida en ambientes antropizados y fragmentados, llegando a cazar pequeños roedores que actúan como plagas en cañaverales y cafetales, debido a esto, *Urocyon cinereoargenteus* puede ser considerada como beneficiosa para la economía y salud pública de las zonas urbanas, semiurbanas y rurales que habita.



**Figura 9.** Distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* en el estado de Oaxaca. Los círculos magenta corresponden a la distribución potencial de *U. cinereoargenteus* mientras que los puntos negros corresponden a la presencia de asentamientos humanos.

MaxEnt hace posible generar mapas de distribución potencial de especies usando bases de datos con coordenadas de distribución, archivos cartográficos y variables ambientales, posee como objetivo encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía, la cual es la más cercana a la uniforme (Slater y Michael, 2012).

Los resultados obtenidos con Maxent son correspondientes a la distribución de entropía máxima de modo que permite proporcionar una descripción menos sesgada para un conjunto de datos determinado. Para evaluar cómo las variables con mayor influencia se conducen sobre el modelo se pueden observar las curvas de respuesta que MaxEnt aporta (Figura 10), la información de estas curvas corresponde a la acción de las variables con mayor influencia en el modelo predictivo. El comportamiento de los modelos permite distinguir el impacto que tienen las variables ambientales al obtener la distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).



**Figura 10.** Curvas de respuesta de las variables ambientales con mayor influencia con las que se han generado los modelos de distribución geográfica potencial de *Urocyon cinereoargenteus* correspondientes al estado de Oaxaca, con media de las 100 réplicas (color rojo) +/- desviación estándar (color azul). Las del lado izquierdo corresponden a la curva tomando en cuenta el efecto de todas las variables mientras que, las del lado derecho sólo teniendo en consideración el valor de la variable correspondiente.

La información generada puede influir en la planeación y evaluación de acciones de conservación, debido a que el conocimiento sobre los factores que tienen impacto en la distribución geográfica de las especies es de importancia para los investigadores y administradores enfocados en la vida silvestre (Baldwin, 2009).

## CONCLUSIÓN

En este estudio fue posible identificar de manera eficiente aquellas zonas correspondientes a la distribución potencial de *Urocyon cinereoargenteus* siendo importante resaltar que, aunque este organismo posee una distribución potencial extendida, su mayor concentración se encuentra en las zonas de la Cañada, Sierra Norte e Istmo de Oaxaca.

Las variables ambientales con mayor contribución en la distribución potencial de *U. cinereoargenteus* fueron temperatura del mes más cálido y la isothermalidad, de la misma manera es posible notar que la especie tiende a desarrollarse mejor en bosques mesófilos y bosques de pino-encino, sin embargo, al ser una especie de alta adaptabilidad es posible encontrarla en otros ambientes. Respecto a climas, prefiere aquellos climas que oscilan entre templados a cálidos.

Aunque el organismo es capaz de adaptarse a ambientes antropizados y el mapa obtenido confirma la presencia de la especie en asentamientos urbanos es indispensable recordar que es posible que existan más variables a considerar.

La educación ambiental y la conciencia ecológica son indispensables para la convivencia armoniosa entre los pobladores y la zorra gris puesto que, aunque las variaciones climáticas sean las idóneas posiblemente los habitantes podrían tener actitudes hostiles hacia ella.

Debido a lo anterior, y a la escasa cantidad de estudios realizados sobre la distribución potencial de la zorra gris es necesario resaltar la importancia de realizar más estudios sobre el tema, dedicar espacios a la educación ambiental acerca de esta especie y otros carnívoros presentes en la zona, así como la creación de cruces de fauna, áreas protegidas y programas de concientización todo esto con el fin de buscar mejoras en la conservación de la especie.

Usando este trabajo como precedente en estudios posteriores será posible realizar muestreos para confirmar la presencia del organismo en las zonas señaladas, así como verificar si es posible encontrar al organismo fuera de las áreas consideradas óptimas por el programa, esto, debido a la gran adaptabilidad de la zorra gris.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alberico M., A. Cadena, J. Hernández-Camacho y J. Muñoz-Saba. (2000). Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1):43-75.
- Anderson, R. P. y E. Martínez-Meyer. (2004). Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological conservation*, 116(2): 167-179.
- Anderson, R. P., D. Lew, y A. Peterson. (2003). Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162: 211-232.
- Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 212 pp.
- Armenta, L., J. P. Gallo-Reynoso, A. Macías-Duarte, M. Montiel-Herrera y L. Villarruel-Sahagún. (2018). Ecological niche and occupation by gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*) at Las Barajitas Canyon, Sonora. *Therya*, 9: 53-60.
- Briones-Salas, M. (2012). Mamíferos de Oaxaca. *Therya*, 3(3): 273-275.
- Ceballos, G. y G. Oliva. (2005). Los mamíferos silvestres de México, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:21-71
- Collins, V. P. (1993). Relaciones taxonómicas y biogeográficas del zorro isleño (*Urocyon littoralis*) y el zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*) del oeste de América del Norte. *En* Hochberg FG edición *Actas del Tercer Simposio de las Islas de California: Avances recientes en la investigación sobre las Islas de California*. Santa Bárbara, CA: Museo de Historia Natural de Santa Bárbara, 351–390.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2018). Pp. 283 – 322.
- Crooks, K. R. y D. V. Vuren. (1996). Spatial organization of the island fox (*Urocyon littoralis*) on Santa Cruz Island, California. *Journal of Mammalogy*, 77(3): 801-806.



- Elvir, F., H. Portillo y L. Marineros. (2019). Distribución potencial y notas acerca del coyote (*Canis latrans*) en Honduras. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 9(1): 20–30.
- Escalante, A., A. Buenrostro-Silva y G. Sánchez-de la Vega. (2014). Dieta de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y su contribución a la dispersión de semillas en la costa de Oaxaca, México. *Therya*, 5(1): 355-363.
- Fick, S. y R. Hijmans. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology. Revista Internacional de Climatología*, 37 (12): 4302-4315.
- Fischer, J., D. B., Lindenmayer, H. A., Nix, J. L. Stein, y J. A. Stein. (2001). Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of Biogeography*, 28: 293-304.
- Fritzell, E. K. y K. J. Haroldson. (1982). *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*, 189: 1-8.
- Fuller, T. K. y B. L. Cypher. (2004). Gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*). In C. Sillero-Zubiri, M. Hoffman, y D. MacDonald (Eds.), *Canids: foxes, wolves, jackals and dogs* (pp. 92-97). Switzerland: IUCN/SSC.
- Gallina, S., A., González-Romero, y R. H. Manson. (2008). Mamíferos pequeños y medianos. In R. H. Manson, V. Hernández, S. Gallina. y K. Mehlreter. (Eds.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (Pp. 161-180). México: Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, INE-SEMARNAT.
- Gallina, S., P. López-Colunga, C. Valdespino y V. Farías. (2016). Abundancia relativa de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* (Carnivora: Canidae) en la zona centro de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(1): 221-233.
- García-Burgos, J., S. Gallina y A. González-Romero. (2014). Relación entre la riqueza de mamíferos medianos en cafetales y la heterogeneidad espacial en el centro de Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana*, 30 (2): 337-356.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135(2):147–186.

- González, P. G., V. M. Sánchez, L. I. Íñiguez, E. Santana y T. K. Fuller. (1992). Patrones de actividad del coyote (*Canis latrans*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el tlacuache (*Didelphis virginiana*) en la Sierra de Manantlán, Jalisco. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, 63: 293-299.
- Grinnell, J., J. Dixon y J. M. Lindsdale. (1937). Mamíferos peleteros de California: su historia natural, estado sistemático y relaciones con el hombre. Berkeley, California: Prensa de la Universidad de California.
- Guerrero, S., M. H. Badii, A. E., Flores, y S. S. Zalapa. (2002). Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la Costa Sur del Estado de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana, 86: 119-137.
- Hockman, J. G. y J. A. Chapman. (1983). Comparative feeding habits of red foxes (*Vulpes vulpes*) and gray foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) in Maryland. American Midland Naturalist, 110(2): 276-285.
- Hutchinson, G. E. (1957). "Concluding remarks". Cold Spring harbor Symposia on Quantitative Biology, 22: 415-427.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2013). *Conociendo Oaxaca*. Pp. 6-11.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2017). *Conociendo Oaxaca*. Séptima edición. P. 10.
- Luna-Vega, I. (2008). Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. Revista Mexicana de Biodiversidad, 79(1): 217-241.
- Martínez-Meyer, E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: 1-9.
- Mittermeier, R. A., C. Goettsch-Mittermeier y P. Robles-Gil. (1997). Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. Cemex-Agrupación Sierra Madre, México, D.F. 63.
- Nuñez, M. B. y L. Bozzolo. (2006). Descripción de la dieta de la zorra gris *Pseudalopex griseus* (Canidae) (Gray, 1869), en el Parque Nacional Sierra de las Quijadas, San Luis, Argentina. Gayana 70:163-167.

- Ordóñez, M. J. (2000). El territorio del estado de Oaxaca: una revisión histórica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 42. Pp. 67-86.
- Padilla, L. R. y C. D. Hilton. (2014). Canidos. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*, 8: 457.
- Plasencia-Vázquez, A. H., G. Escalona-Segura y L. G. Esparza-Olguín. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 30(3):471-490.
- Pearson, R. G., T. P. Dawson y C. Lin. (2004). Modelling species distributions in Britain: and hierarchical integration of climate and land-cover data. *Ecography*, 27: 285-298.
- Peterson, A. T., J. Soberon y V. Sánchez-Cordero. (1999). Conservation of ecological niches in evolutionary time. *Science*, 285: 1265-1267.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Ramírez, J., y A. Bueno. (2009). Working with climate data and niche modeling: I. Creation of bioclimatic variables. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali.CO. 6 p.
- Ramírez-Pulido, J., N., González-Ruiz, A. L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales. (2014). List of recent land mammals of Mexico. Special Publications of the Museum of Texas Tech University. 63: 1-69.
- Ray, D., M. D. Behera y J. Jacob. (2018). Evaluating ecological niche models: A comparison between Maxent and GARP for predicting distribution of *Hevea brasiliensis* in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(4): 1337-1343.
- Riojas-López, M. E., E. Mellinky y D. H. Almanzor-Rojas. (2019). Estado del conocimiento de los carnívoros nativos (Carnivora: Mammalia) en un paisaje antropizado del Altiplano Mexicano: el caso de los Llanos de Ojuelos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(1): 2-14.

- Rohde, D. T. (1966). Variación esquelética en gray fox del sur de Illinois. Tesis de maestría, Universidad de Illinois.
- Sarukhán, J. P., J. Koleff, J. Carabias, R. Soberón, R. Dirzo, Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Masa. (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad, CONABIO, México, DF, 100 p.
- Servín, J. (2013). Perspectivas de estudio, conservación y manejo de los carnívoros en México. *Therya*, 4(3): 427-430.
- Servín, J., A. Bejarano, N. Alonso-Pérez y E. Chacón. (2014). El tamaño del ámbito hogareño y el uso de hábitat de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en un bosque templado de Durango, México. *Therya*, 5(1): 257-269.
- Slater, H. y E. Michael, (2012). Predicting the current and future potential distributions of lymphatic filariasis in Africa using maximum entropy ecological niche modelling. *PloS one*, 7(2), e32202.
- Wilson, W. O. (1988). Biodiversity. National Academy Press, Washington, D. C. 521 pp.