



**UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO**

---

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**Distribución potencial y evaluación de la pérdida y fragmentación del hábitat de *Ctenosaura clarki* (Iguanidae) en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec**

**TESIS**

**Que como requisito parcial para obtener el título profesional de**

**BIÓLOGO**

Presenta

**Víctor Hugo Galván Noriega**

**Director de Tesis: M.C Javier Alvarado Díaz**

**Co- Director: Dr. Eduardo Mendoza Ramírez**



**Morelia, Michoacán**

**Mayo de 2016**

# DEDICATORIA

*A mis padres Hugo Jesús  
Galván Ramírez y Angélica  
Noriega Almanza los cuales  
fueron parte del porque  
hacer esto gracias papás.*

# AGRADECIMIENTOS

A mis asesores de tesis y sinodales, al profe Javier Alvarado por el incondicional apoyo en la realización de este trabajo tanto académico como económico, al Dr. Eduardo Mendoza por su gran atención, apoyo y paciencia, y al profe Alberto Gómez-Tagle que a cada rato me preguntaba por la *clarki*, a ellos muchas gracias por sus horas invertidas en una de mis metas.

A los integrantes del laboratorio de herpetología que me brindaron su ayuda al principio y durante el proyecto, Bisbrian Nava, Barush, Jonatan y Oscar.

A mis papás por su incondicional apoyo, paciencia y amor, papá gracias por todos tus consejos que aunque me los repetías lo hacías con el afán de no equivocarme y seguir adelante, a mi mamá por todo su cariño y todos estos años que se ha preocupado por siempre cocinarnos tan rico.

A mi hermanos Alex y Juan (mis caquis) gracias por hacerme sentir mal cuando necesitaba lo contrario y también por hacerme sentir bien, las pláticas que tenemos entre los tres son invaluable, los quiero.

A mis amigos (las mejas) Jorge, Gustavo, Moisés, Abraham Villa, Betty, Rubí, Francisco Loera, Agla, Lizbeth, Gera, Francisco Martínez y El Chino, por todos los buenos momentos que he pasado con ustedes han sido muy gratificantes y los recuerdo con mucha alegría, espero esta amistad siga perdurando. También a mis amigos Paquito Silva, Noé, Nubya Ruth, Karina, Paloma, Carolina y Sofía gracias por su amistad.

A mi mejor amigo José Luis Abarca por tantos años de amistad y de aventuras y a su familia que estimo mucho.

# ÍNDICE

<b>1.-INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.-ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.1 Posición Taxonómica de <i>Ctenosaura clarki</i> .....	3
2.2 Descripción de <i>C. clarki</i> .....	3
2.3 Biología.....	5
2.4 Grado de amenaza de <i>C. clarki</i> .....	6
2.5 Distribución geográfica.....	6
<b>3.- OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
3.1 Objetivo general.....	8
3.2 Objetivos particulares.....	8
<b>4.- HIPOTESIS</b>	<b>9</b>
<b>5.- ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>10</b>
5.1 Localización.....	10
5.2 Fisiografía.....	10
5.3 Hidrografía.....	11
5.4 Clima.....	11
5.5 Vegetación.....	11

<b>6.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>12</b>
6.1 Recopilación y organización de la base de registros de presencia de <i>C. clarki</i> .....	12
6.2 Revisión de las coordenadas geográficas de los registros de presencia de <i>C. clarki</i> .....	12
6.3 Recopilación de capas de información utilizadas en el análisis espacial.....	13
6.4 Modelación de la distribución potencial de <i>C. clarki</i> .....	13
6.5 Validación del mapa de distribución espacial de <i>C. clarki</i> .....	14
6.6 Relación espacio climático y altitud.....	14
6.7 Determinación del traslape de la distribución potencial de <i>C. clarki</i> con áreas naturales protegidas.....	14
6.8 Análisis de la pérdida y fragmentación del hábitat de <i>C. clarki</i> .....	15
<b>7.- RESULTADOS</b>	<b>16</b>
7.1 Modelo de distribución de la especie.....	16
7.2 Reclasificación del mapa de distribución.....	17
7.3 Validación del modelo de distribución.....	18
7.4 Espacio climático y altitudinal donde se distribuye <i>C. clarki</i> .....	19
7.5 Traslape de la de la distribución con ANP's.....	21
7.6 Evaluación de la pérdida y fragmentación del hábitat en el área de distribución potencial de <i>C. clarki</i> .....	22
<b>8.- DISCUSIÓN</b>	<b>26</b>
<b>9.- CONCLUSIONES</b>	<b>29</b>
<b>10.- LITERATURA CITADA</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> <i>Ctenosaura clarki</i> . Nopilche.....	4
<b>Figura 2.-</b> Sección de una rama donde se muestra a <i>C. clarki</i> refugiándose, Duellman y Duellman, 1959).....	7
<b>Figura 3.-</b> Mapa de los municipios donde se ha encontrado a <i>Ctenosaura clarki</i> .....	10
<b>Figura 4.-</b> Mapa de distribución potencial de <i>Ctenosaura clarki</i> modelado por MaxEnt...16	
<b>Figura 5.-</b> Mapa reclasificado para la distribución potencial de <i>Ctenosaura clarki</i> .....17	
<b>Figura 6.-</b> Diferencia entre las precipitaciones para los puntos dentro y fuera.....19	
<b>Figura 7.-</b> Diferencia entre las temperaturas para los puntos dentro y fuera.....19	
<b>Figura 8.-</b> Frecuencia relativa de las altitudes de los puntos de muestreo.....20	
<b>Figura 9.-</b> Mapa del área de distribución de la especie se muestra en naranja y la Reserva de la biosfera Zicuirán Infiernillo .....	21
<b>Figura 10.-</b> Comparación de los mapas de uso de suelo y vegetación de INEGI.....23	
<b>Figura 11.-</b> Carta de uso de suelo y vegetación INEGI escala 1: 250 000 serie I recortada para el área de distribución de <i>Ctenosaura clarki</i> .....	24
<b>Figura 12.-</b> Carta de uso de suelo y vegetación INEGI escala 1: 250 000 serie V recortada para el área de distribución de <i>Ctenosaura clarki</i> .....	25
<b>Figura 13.-</b> Mapa con la distribución en base a la georreferencias de algunas especies del género <i>Ctenosaura</i> en México y el Caribe.....	27

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Tabla de contingencia.....	18
<b>Tabla 2.-</b> Comparación del número de fragmentos por uso de suelo para cada una de las épocas.....	22
<b>Tabla 3.-</b> Comparación del área total, promedio, tamaño máximo y mínimo y desviación estándar de los principales usos de suelo del mapa de distribución de <i>C. clarki</i> .....	23

## APENDICES:

<b>Apéndice 1</b>	<b>33</b>
<b>Apéndice 2</b>	<b>34</b>
<b>Apéndice 3</b>	<b>36</b>

## RESUMEN

La fragmentación del hábitat es una de las principales causas de la pérdida de diversidad y los reptiles están entre los grupos más amenazados a nivel global y nacional por esta causa. Entre las especies en mayor riesgo están las que tienen una distribución más restringida (i.e., endémicas). *Ctenosaura clarki* es una especie de iguana endémica a la depresión del Balsas-Tepalcatepec. Aunque se conoce su distribución general se carece de estudios actualizados que permitan distinguir las variables ambientales que influyen sobre la misma así como las tendencias recientes en la conservación de su hábitat. Se modeló la distribución potencial de esta especie utilizando el programa Maxent versión 3.3.3. Se seleccionó un conjunto de variables bioclimáticas de Worldclim, (temperatura media anual, estacionalidad de la temperatura, oscilación anual de la temperatura, precipitación anual de la temperatura, precipitación anual, estacionalidad de la precipitación, precipitación del trimestre más seco y la altitud), basadas en su relevancia en términos de la ecología de la especie y en los resultados de un análisis de correlación de las mismas. Se realizó trabajo de campo para validar las predicciones del modelo. Se encontró una relación positiva entre la proporción de sitios muestreados en el campo en donde se encontró a la especie y la probabilidad de hábitat adecuado según el Modelo de Maxent. La temperatura media anual, precipitación anual y precipitación del trimestre más seco fueron las variables más relevantes para la especie. Se analizó el cambio en la cobertura y uso del suelo entre 1980 y 2013 en base a mapas de INEGI escala 1:250 000. Se encontró que la vegetación ha experimentado un importante grado de fragmentación. Los resultados confirman la clara naturaleza restringida de la distribución de *C. clarki* y sugieren cuáles son las variables bioclimáticas que más se asocian a esta distribución restringida. Adicionalmente, los resultados indican que la vegetación de la región donde esta especie está presente ha sufrido un marcado deterioro lo que puede tener un efecto negativo para *C. clarki* que erróneamente se considera una especie venenosa en algunas comunidades de la región.

**Palabras clave:** fragmentación, pérdida de hábitat, modelo de distribución de especies, endemismo, herpetofauna.

# ABSTRACT

Habitat fragmentation is a major cause of biodiversity loss and reptiles are among the most threatened groups at global and national level. Among the species most at risk are those that have a highly restricted distribution (ie., endemic). *Ctenosaura clarki* is an iguana species, endemic to the Balsas-Tepalcatepec Depression. This species general distribution is known however, studies aimed at identifying environmental variables having a greater influence on such the distribution pattern are currently lacking. Moreover, information about the conservation status of *C. Clarki*'s habitat is scarce. I modeled the potential distribution of this species using Maxent program, (annual mean temperature, temperature seasonality, temperature annual range, annual precipitation, precipitation seasonality, precipitation of driest quarter and altitude) Worldclim bioclimatic variables were selected according to their relevance in terms of the ecology of the species and to their level of correlation. Field work was conducted in order to validate the model predictions. I found a positive relationship between presence of the species in the sampled sites in the field and hábitat suitability indicated by the Maxent model. The average annual temperature, precipitation and annual precipitation of the driest quarter were the most relevant variables for the species. By analyzing land use and cover change between 1978 and 2013 based on INEGI maps scale 1: 250 000. It was found evidence of a significant level of fragmentation of the natural vegetation. The results confirm the narrow distribution of *C. clarki* and help to identify which climatic variables are important to explain its presence. Moreover, results of this study indicate that *C. clarki* is undergoing a marked disturbance which can have a negative effect on the species.



# 1. INTRODUCCIÓN

México es clasificado como un país megadiverso debido a que, se estima, alberga cerca del 12% de las especies del planeta. En el caso particular de los reptiles, México destaca por sus altos niveles de diversidad y endemismo (Wilson et al., 2013). Esta alta diversidad de herpetofauna es resultado de la presencia de diferentes tipos de hábitat que hacen posible un alto recambio de especies entre regiones del país (diversidad beta) asociado a la confluencia de dos grandes regiones biogeográficas la Neártica y la Neotropical. Sin embargo, esta alta diversidad herpetofaunística se encuentra amenazada, ya que hay un gran número de especies de reptiles en riesgo debido principalmente a la destrucción y degradación de los hábitats (Wilson et al., 2013). La pérdida y fragmentación de los hábitats ha disminuido considerablemente la biodiversidad tanto en grupos vegetales como animales, siendo los reptiles y anfibios los de mayor preocupación debido a que tienen ámbitos de distribución más restringidos en comparación con los que tienen otros vertebrados como aves y mamíferos, Aún así, existe una variación en el ámbito de distribución entre los clados de reptiles, como se ilustra en el caso de las serpientes que frecuentemente presentan distribuciones más amplias que las lagartijas (Böhm et al., 2013). La falta de información sobre aspectos básicos de la ecología de la herpetofauna, como su abundancia y la distribución de sus poblaciones complica más la situación para establecer estrategias que ayuden a su conservación (Wilson et al., 2013).

El estado de Michoacán de Ocampo alberga 215 especies de anfibios y reptiles (54 anfibios, 161 reptiles) lo que representa el 17.5% de las especies de la herpetofauna registradas para México (Alvarado-Díaz et al., 2013). Una de estas especies es la iguana *Ctenosaura clarki*, endémica a la Depresión del Balsas-Tepalcatepec. Si bien existe poca información actualizada, se considera que debido a la destrucción de su hábitat, su grado de endemismo y la reducción de sus poblaciones, esta especie se encuentra en riesgo de extinción. Por lo tanto, la NOM-059 SEMARNAT 2010, clasifica a *C. clarki* como amenazada (A), mientras que la Lista Roja de Especies en Riesgo de la IUCN (International Union for Conservation of Nature, 2013) la clasifica como vulnerable (VU). Asimismo, de acuerdo al índice de vulnerabilidad ambiental propuesto por Wilson, et al. (2013), el cual



permite clasificar a las especies (en una escala, EVS, de 3 a 20) en términos de su vulnerabilidad con base en tres atributos: la amplitud de su distribución geográfica, su tolerancia ecológica y el grado de persecución humana a la que está sujeta, *C. clarki* está considerada como especie con alto grado de vulnerabilidad (EVS = 15). A pesar de su nivel de riesgo, la información disponible sobre esta especie es escasa, limitándose a algunos registros aislados sobre su distribución y tipos de vegetación con los que se asocia su presencia (Duellman, 1959; Pérez-Ramos y Saldaña-De la Riva, 2002). Por lo tanto, existe un vacío de información respecto a los niveles de riesgo que enfrenta, su tamaño y tendencias poblacionales, y tasas de destrucción y fragmentación de su hábitat.

Considerando que el conocimiento sobre la distribución y el grado de transformación de hábitat de las especies de reptiles es fundamental para evaluar sus niveles de riesgo y proponer medidas de conservación (Gibbons et al., 2000) y que la información sobre la distribución y transformación del hábitat de *C. clarki* es prácticamente inexistente, el presente estudio se enfoca en: a) generar información sobre la distribución de esta especie usando técnicas de modelado espacial basadas en el uso de variables físicas y ambientales del paisaje (Guisan y Zimmerman, 2000), y b) evaluar la tasa de destrucción y fragmentación del hábitat de esta especie.



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Posición Taxonómica de *Ctenosaura clarki*

<b>REINO</b>	Animalia
<b>FILUM</b>	Chordata
<b>SUBFILUM</b>	Vertebrata
<b>CLASE</b>	Reptilia
<b>SUBCLASE</b>	Diápsida
<b>SUPERORDEN</b>	Lepidosauria
<b>ORDEN</b>	Squamata
<b>FAMILIA</b>	Iguanidae
<b>SUBFAMILIA</b>	Iguaninae
<b>GENERO</b>	<i>Ctenosaura</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Ctenosaura clarki</i>
<b>SINONIMIA</b>	<i>Enyaliosaurus clarki</i>
<b>*Nombre común</b>	Nopilche

### 2.2. Descripción de *C. clarki*

Duellman y Duellman (1959) describen a *C. clarki* como una lagartija robusta con una longitud hocico-cloaca (LHC) máxima de 154 mm y una longitud total (LT) de hasta 300 mm. Los machos llegan a ser más grandes que las hembras. El tamaño de la cola es semejante a la LHC; con una similitud entre estas dos partes del cuerpo del 99% en machos y 96% en las hembras. Saldaña de la Riva y Pérez-Ramos (2002) reportan una LHC máxima de 148 mm para los machos y de 90.5 mm en las hembras, así como un peso de 108 g en machos y 31 g en hembras aproximadamente. Las escamas dorsales son lisas, apenas superpuestas, (con excepción de la hilera media) más grandes que las laterales pero de tamaño similar a las ventrales. En cuanto a la hilera media dorsal tiene escamas más grandes y ligeramente elevadas formando una cresta que inicia en los dos primeros tercios del cuerpo. El número promedio de escamas en la hilera media dorsal es de 89; las escamas quilladas y superpuestas de la superficie anterior de la espinilla dan una apariencia espinosa. Los semicírculos supraorbitales son completos y separados en la línea media por



una escama; las escamas supraoculares son pequeñas, distribuidas en cinco hileras. Por lo general posee 8 escamas labiales superiores (7 a 9) y 9 inferiores (8 a 10); escamas loreolabiales en tres hileras. Las escamas de la nuca son granulares mientras que las escamas del mentón y de la región gular son planas y apenas superpuestas. Esta especie presenta un marcado pliegue gular que se extiende dorsalmente hasta la parte posterior al tímpano. Sus extremidades son cortas y robustas y los dedos ligeramente largos con grandes garras. El promedio de laminillas debajo del cuarto dedo de las patas traseras es de 28. Los poros femorales van desde 8 a 12. El número de poros es el mismo en hembras y machos aunque el tamaño de los mismos es más pequeño en las hembras. En su tercio anterior, la cola es ancha y deprimida presentando su mayor anchura en el primer tercio de su longitud. La superficie dorsal de la cola está cubierta con verticilos de grandes escamas, separados por una fila de pequeñas escamas, con excepción del primer verticilo. Los verticilos en la mitad anterior de la cola están frecuentemente compuestos por 9 escamas dorsales y cada verticilo presenta una escama media dorsal elevada con una espina en proyección posterior hembras (Bolaños, 2012; Duellman y Duellman (1959) (Fig. 1).



**Fig. 1** *Ctenosaura clarki*. Nopilche. Fotografía del autor.



La coloración de *C. clarki* va de marrón-olivo a negro, con manchas claras en el dorso del cuerpo y con el vientre de color crema, la cabeza también es de un color claro y el mentón llega a presentar manchas oscuras. En contraste con otras especies de *Ctenosaura*, en donde los juveniles son de color verde esmeralda, las crías de *C. Clarki* presentan la misma coloración que los adultos. Los machos son más coloridos que las hembras presentando manchas de color naranja a amarillo en el dorso y en el caso de las hembras rosáceas. El color de la garganta va del naranja al amarillo oro. El iris es de color rojo grisáceo (Duellman y Duellman, 1959).

### **2.3. Biología**

Duellman y Duellman (1959) y Pérez-Ramos y Saldaña- De la Riva (2002) describen a *C. clarki* como una especie principalmente arborícola, encontrándose frecuentemente en *Apoplanesia paniculata* (palo verde) y cactáceas columnares huecas como *Acanthocereus pentagonus*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Lemaireocereus* sp. y del huizache (*Acacia farnesiana*) así como en troncos huecos de árboles, cactus secos, postes de cercos de madera y en áreas rocosas. Uribe-Peña et al. (1980) señalan la presencia de *C. clarki* en el suelo en febrero, la época del año más seca. En los potreros *C. clarki* pasa la mayor parte del tiempo asoleándose y cuando se siente amenazada utiliza los postes o estacas como refugio introduciéndose a los huecos y usando la cola para hacer presión sobre la entrada del hueco para generar una especie de tapón (Duellman y Duellman, 1959) (Fig. 2). Las porciones regeneradas de la cola no presentan verticilos de espinas grandes, pero presentan pequeñas escamas homogéneas (Bolaños Nava, 2012). Duellman y Duellman (1959) señalan que los individuos de esta especie cambian de refugio a medida que crecen para que la cola cierre perfectamente su refugio. Con respecto a su alimentación, Castro (2001) reporta que la dieta de *Ctenosaura clarki* corresponde principalmente a materia vegetal (84%) y animal (16%), muy parecido al porcentaje de herbívora de *C. similis*, la cual suele tener más del 75% de su contenido estomacal conformado por materia vegetal.



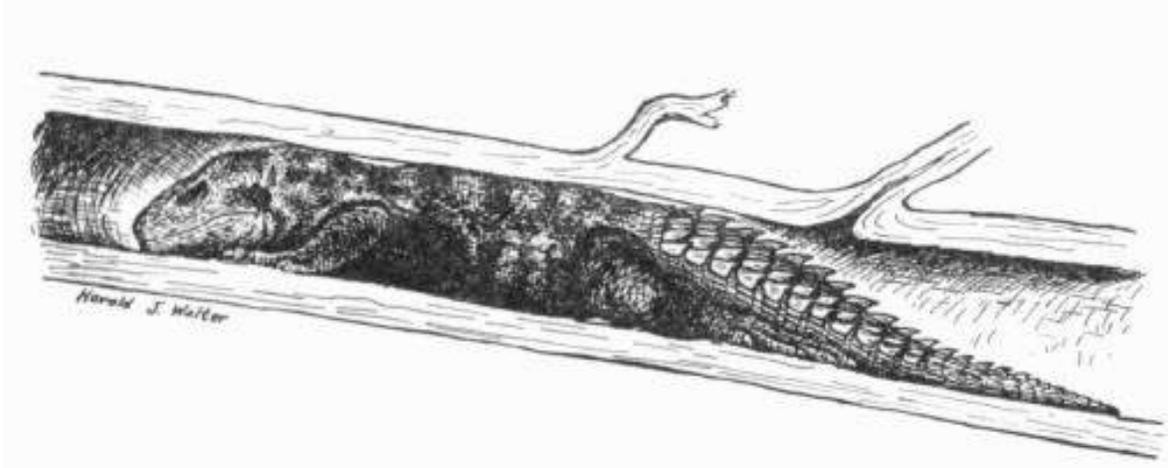
#### **2.4. Grado de amenaza de *C. clarki***

De acuerdo a la NOM-059 SEMARNAT 2010 *C. clarki* se cataloga en la categoría de amenazada (A), mientras que la UICN la considera como vulnerable y el índice de vulnerabilidad ambiental EVS propuesto por Wilson et al, (2013) la considera como de vulnerabilidad alta. Por lo tanto resulta evidente que esta especie se encuentra en alto riesgo, debido a causas como el deterioro y destrucción de su hábitat y la reducción de sus poblaciones.

#### **2.5. Distribución de *C. clarki***

Existe muy poca información acerca de la distribución de esta especie, Pérez-Ramos y Saldaña- De la Riva (2002) indican que *C. clarki* es una especie estenoica lo cual indica que presenta una escasa tolerancia ecológica. Se ha propuesto que su distribución se restringe a sitios con altas temperaturas, muy poca precipitación y radiación solar elevada como “Tierra Caliente” y “El Infiernillo” de Guerrero y Michoacán. Por otra parte, Duellman y Duellman (1959) mencionan que individuos de esta especie fueron colectados en el Valle de Tepalcatepec, Municipio colindante con el estado de Jalisco por lo que es muy probable que se distribuya también en ese estado. Además Pérez-Ramos y Saldaña-De la Riva (2002) indican que la presencia de esta especie se asocia en particular a climas cálidos y secos de los subtipos BS<sub>0</sub>-AW<sub>0</sub> que de acuerdo con García (1981) se caracterizan por temperaturas mayores a 22°C y una temperatura del mes más frío mayor a 18°C; prolongadas sequías (6 a 8 meses) y una temporada de lluvia que va de junio a septiembre con una precipitación anual menor de 700 mm.

Los tipos de vegetación donde se ha registrado *C. clarki* son el bosque tropical caducifolio (BTC) y el bosque espinoso (BE) en Guerrero (Pérez-Ramos y Saldaña- De la Riva, 2002; Rzedowski, 1978), mientras que en Michoacán se ha registrado en matorral espinoso con cactáceas (Uribe-Peña et al, 1980). La altitud a la cual se ha registrado *C. clarki* va de los 200 a 510 m (Gicca, 1982).



**Fig. 2** Sección de una rama donde se muestra a *C. clarki* refugiándose, (Tomado de Duellman y Duellman, 1959).



## 3. OBJETIVOS

### 3.1. General

Estimar el área de distribución potencial y el grado de perturbación (pérdida y fragmentación) del hábitat de *C. clarki* en la región de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec.

### 3.2. Particulares

- 3.2.1. Aplicar técnicas de modelado espacial para generar un mapa de la distribución potencial de *C. clarki* en base a registros de presencia en bases de datos y publicaciones.
- 3.2.2. Elaborar un esquema de validación del mapa de distribución potencial de *C. clarki* con base en información independiente de la distribución de esta especie obtenida mediante la realización de trabajo de campo y entrevistas.
- 3.2.3. Determinar la proporción del hábitat de *C. clarki* que está dentro de alguna área natural protegida.
- 3.2.4. Con base al análisis conjunto de mapas de vegetación (Serie I y V de INEGI) y el mapa de distribución de la especie evaluar la magnitud de la pérdida y fragmentación que el hábitat de esta especie ha experimentado en los último 40 años.



## 4. HIPOTESIS

El área de distribución de *C. clarki*: a) se asocia con la presencia de vegetación tropical seca, climas cálidos secos y bajas altitudes y b) presentara un fuerte impacto, en términos de su deforestación y fragmentación, debido a la influencia humana.

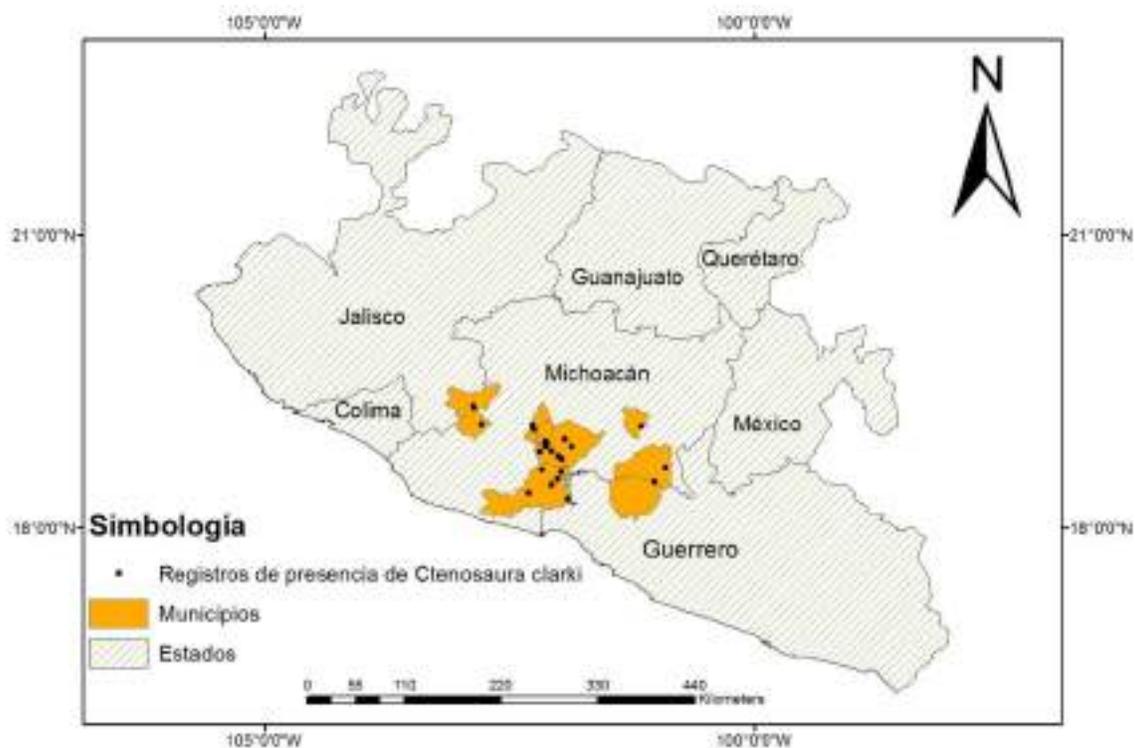


## 5. AREA DE ESTUDIO

### 5.1. Localización

El área de estudio se encuentra en la región de la depresión del Balsas-Tepalcatepec dentro de los municipios de Huetamo, Nocupétaro, Arteaga, La Huacana, Múgica, Parácuaro y Tepalcatepec dentro del estado de Michoacán. Asimismo se incluyeron los municipios de Zirándaro en Guerrero y Jilotlán de los Dolores en Jalisco. En todos estos municipios se ha reportado la presencia de la especie.

Las coordenadas geográficas extremas del área de estudio son: 19°27'51.48''N y 103°9'23.76''O, 18°4'25.32''N y 100°50'40.92''O (Fig. 3).



**Fig. 3** Mapa de los municipios donde se ha registrado a *Ctenosaura clarki*.



## **5.2. Fisiografía**

El área de estudio comprende la depresión del Balsas-Tepalcatepec. Esta provincia se encuentra entre la Sierra Madre del Sur y el Cinturón Volcánico Transmexicano, a una elevación de 200 a 800 msnm aproximadamente.

## **5.3. Hidrología**

La región hidrológica en la que se encuentra el área de estudio es la cuenca del Balsas en la subregión del bajo Balsas (Tepalcatepec) Los principales cuerpos de agua son la cuenca del río Balsas, el río Tepalcatepec y las presas de Zicuirán e Infiernillo.

## **5.4. Clima**

Los grupos de climas según Köppen modificado por Enriqueta García (1988) son cálidos AW de los subtipos Aw0 (w); con lluvias en verano, y secos BS de los subtipos semiseco muy cálido y cálido Bs1 (h') w (w) con lluvias en verano y seco muy cálido y cálido Bs0 (h') w (w), con una temperatura media anual de 28-30°C, y una precipitación promedio anual de 807mm.

## **5.5. Vegetación**

Los principales tipos de vegetación presentes en el área son Selva Baja Caducifolia (SBC), Selva baja espinosa (SBE), vegetación secundaria de selvas bajas (VSa), cultivos y pastizales inducidos.



## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1. Recopilación y organización de la base de registros de presencia de *C. clarki*

Se recopiló una base de datos con registros de presencia de *C. clarki*. Esta base de datos se realizó a través de la consulta de información recopilada por el Laboratorio de Herpetología del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (Colección Hepetologica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CHUM). Clave: SEMARNAT DF-CC-292-15), del Sistema Nacional de Información Biológica de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (SNIB-CONABIO), de Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Además se incluyeron registros del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM (MZFC) y del IPN. La información contenida en estas bases de datos se revisó tomando como base el “Manual de procedimientos para la georreferenciación de localidades de colecciones biológicas” de la CONABIO (2008).

### 6.2. Revisión de las coordenadas geográficas de los registros de presencia de *C. clarki*

Este proceso se dividió en dos etapas. La primera se enfocó en los registros que carecían de coordenadas pero que contaban con información que permitiera ubicar la localidad de colecta. En estos casos, se usaron los programas Google Earth© ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)), Mapa Digital de México V5.0 de INEGI ([www.gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html](http://www.gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html)) y GeoLocate© ([www.museum.tulane.edu/geolocate/web/WebGeoref.aspx](http://www.museum.tulane.edu/geolocate/web/WebGeoref.aspx)) para obtener una georreferencia aproximada del dato de colecta con base en los datos de localidad (Nava, 2014). En los casos donde los registros provinieron de la base de datos del CHUM, esta información se refinó con base al conocimiento experto de campo. La segunda categoría de registros correspondió a aquellos que contaban con una georreferenciación. En estos casos se verificó la información para detectar cualquier irregularidad (p.ej. que un dato registrado de *C. clarki* se ubicara claramente fuera de la región que se conoce que habita esta especie). Todos los registros a los que no fue posible asignarles una georreferencia



confiable fueron eliminados. Se estandarizó el formato de las coordenadas geográficas expresadas en grados decimales utilizando el datum WGS84.

### **6.3. Recopilación de capas de información utilizadas en el análisis espacial**

Se obtuvieron 19 variables bioclimáticas del sitio web WorldClim (<http://www.worldclim.org/>, versión 1.4, Hijimans et al. 2005). De estas 19 variables solo se utilizaron las que aportaban mayor contribución al modelo utilizando el método hecho por York et al. (2009) el cual consiste en realizar modelaciones de prueba que incluyen el total de variables ambientales, con el fin de identificar las variables que no contribuyen con más del 1% al poder predictivo del modelo. Estas capas tienen una resolución de 1km<sup>2</sup>. Además de este mismo sitio se descargó la capa de altitud con la misma resolución. Las variables seleccionadas fueron: temperatura media anual (Bio1), estacionalidad de la temperatura (Bio4), oscilación anual de la temperatura (Bio7), precipitación anual (Bio12), estacionalidad de la precipitación (Bio15), precipitación del trimestre más seco (Bio17) y altitud. Del sitio web de la CONANP ([conanp.org.mx](http://conanp.org.mx)) se descargó el mapa de Áreas Naturales Protegidas (ANPs) del cual solo se utilizaron las ANPs de índole federal. Además del sitio web de INEGI se descargaron los mapas de Uso de Suelo y Vegetación de la serie I (1980) y V (2013) escala 1:250 000.

### **6.4. Modelación de la distribución potencial de *C. clarki***

Se utilizaron los registros de presencia recopilados, las variables ambientales seleccionadas y el programa MaxEnt versión 3.3.3 para modelar la distribución potencial de *C. clarki*. Para evaluar el poder predictivo del modelo, se siguió el método de validación cruzada utilizado por Nava et al. (2014) el cual consiste en utilizar datos de presencia para validar las predicciones del modelo, este proceso se repitió hasta que todos los registros fueron utilizados en la validación. Este proceso se repitió 4 veces lo que equivalió a utilizar el 25% de los registros en cada caso. Se obtuvo un mapa mostrando los distintos valores de idoneidad del hábitat y el valor del área bajo la curva (AUC) el cual permite medir el poder predictivo del modelo. La ventaja de haber usado este enfoque es que solo requiere datos de



presencia y no de ausencia como otros enfoques de modelación, además de que es de uso libre.

### **6.5. Validación del mapa de distribución espacial de *C. clarki***

Utilizando el programa ArcMap V10.1 (ESRI), siguiendo el método utilizado por Mendoza et al. (2013) se reclasificó el mapa de distribución potencial de *C. clarki* para tener áreas de hábitat con distintos niveles de idoneidad del hábitat: bajo (0.1 – 0.3), medio (0.3 – 0.5), medio-alto (0.5-0.7) y alto (>0.7). Asimismo, el área de estudio se dividió en cuadrantes de 5 x 5 km los cuales fueron seleccionados 47 aleatoriamente dentro de cada una de las distintas categorías, además de seleccionarse 30 sitios fuera del área de distribución. A través de la aplicación de distintos métodos se buscó corroborar la presencia o ausencia de *C. clarki* en los cuadrantes seleccionados dentro y fuera del área. Estos métodos incluyeron salidas al campo entre septiembre del 2014 a mayo del 2015 para realizar búsquedas intensiva y entrevistas a las personas de las comunidades locales. Se usó una tabla de contingencia para poner a prueba la hipótesis nula sobre si la presencia de la especie era independiente del área clasificada como hábitat idóneo de *C. clarki* por el modelo.

### **6.6. Relación espacio climático y altitudinal**

Utilizando los puntos aleatorios dentro y fuera del área de distribución se generó una gráfica comparando el espacio climático (temperatura media anual x precipitación anual) para identificar las preferencias climáticas de la especie, de igual forma se compararon las frecuencias relativas de las altitudes de los puntos dentro y fuera del área para conocer el rango altitudinal de la especie.

### **6.7. Determinación del traslape de la distribución potencial de *C. clarki* con áreas naturales protegidas**

Se analizó la distribución espacial de los datos con respecto a la presencia de Áreas Naturales Protegidas (ANPs) con la finalidad de conocer el porcentaje de área protegida



para la especie. Se obtuvo un mapa vectorial con los polígonos de las ANPs presentes en el área de estudio del portal en línea de la CONANP (<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm>). Se consideraron únicamente las reservas de índole federal dado que son las que tienen una mayor extensión (Reserva de la Biosfera “Zicuirán-Infiernillo”). Se cuantificó el área de distribución de la especie dentro de la ANP.

### **6.8. Análisis de la pérdida y fragmentación del hábitat de *C. clarki***

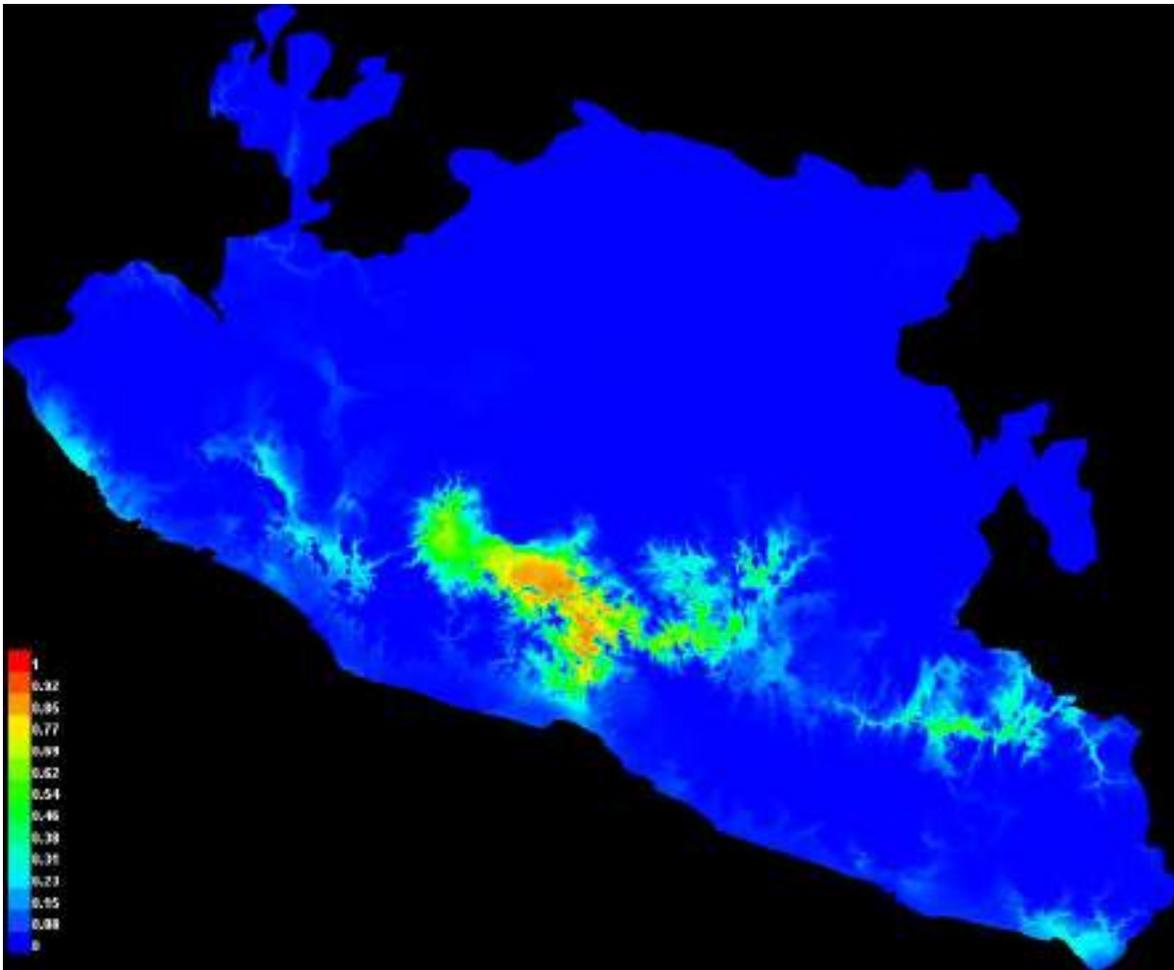
Se combinaron el mapa de distribución de *C. clarki* validado y los mapas de vegetación y uso del suelo de INEGI escala 1: 250 000 Series I (1980) y V (2013). Se cuantificó el área de coincidencia de la presencia de *C. clarki*, de acuerdo a su mapa de distribución, y la presencia de tipos de vegetación que se ha reportado esta especie utiliza. Se comparó el área total, el tamaño promedio, el tamaño máximo y mínimo y la desviación estándar de los principales usos de suelo para 1980 y el 2013. Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011) indican que la comparación de dos eventos de tiempo, sean pasado-presente o presente-futuro puede ayudar a describir en qué situación se encontraba la población de la especie. Además, utilizando la herramienta Patch Analyst 5 y el programa ArcMap V10.1 (ESRI) se cuantificó el grado de fragmentación (No. de fragmentos de hábitat y tamaño promedio) del hábitat en ambas fechas.



## 7. RESULTADOS

### 7.1. Modelo de distribución de la especie

Se obtuvieron un total de 26 registros de presencia de la especie dentro de las colecciones científicas consultadas (Apéndice. 1). Con base a estos registros y utilizando las variables bioclimáticas seleccionadas de Worldclim se modeló la distribución potencial de la especie (Fig. 4).

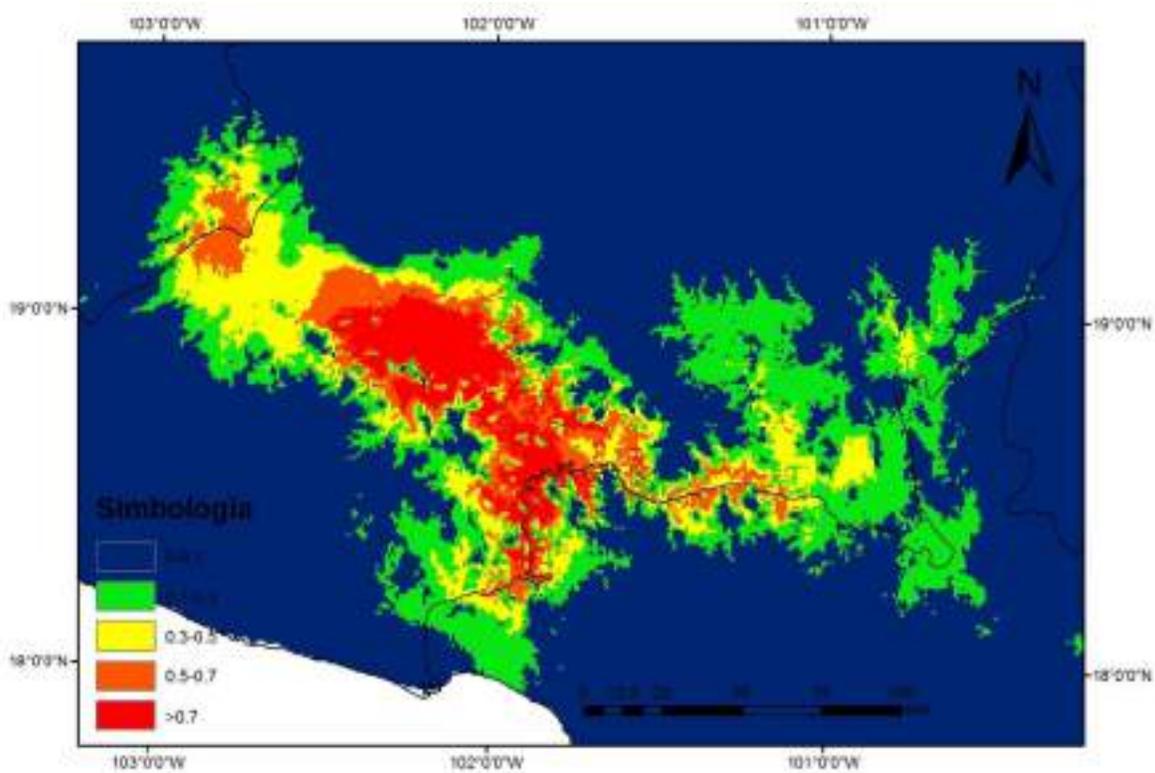


**Figura. 4** Mapa de distribución potencial de *Ctenosaura clarki* modelado mediante MaxEnt. A medida que el color tiende a rojo la probabilidad de que el hábitat sea apropiado para especie (desde el punto de vista climático) aumenta.



## 7.2. Reclasificación del mapa de distribución

El mapa de distribución potencial de la especie obtenido del modelo realizado con MaxEnt, se obtuvieron cuatro categorías según su idoneidad (Fig. 5). El número de cuadrantes dependió del tamaño de cada área categorizada, asignándoles 30 cuadrantes a la categoría en verde, 8 a la amarilla, 5 a la naranja y 4 cuadrantes a la roja (Apéndice. 2). Al verificar la presencia de la especie en las diferentes categorías con los cuadrantes seleccionados aleatoriamente no encontramos diferencia significativa en la disminución de presencias ya que en todas se corroboró la presencia de la especie.



**Fig. 5** Mapa reclasificado para la distribución potencial de *Ctenosaura clarki* en donde sólo se incluyen 5 categorías que van desde áreas donde la probabilidad de encontrar a la especie es prácticamente nula (0-0.1) hasta áreas donde el hábitat es altamente ideal para la especie (> 0.7).



### 7.3. Validación del modelo de distribución de *C. clarki*

Para la validación del mapa de distribución de la especie se compararon los puntos dentro y fuera del área de distribución (Apéndice. 3) que se generaron aleatoriamente, se encontró una marcada diferencia entre las dos áreas, la mayoría de los puntos fuera del área de distribución tuvieron ausencia de la especie mientras que dentro del área de distribución la mayoría de los puntos fueron presencias (Tabla. 1).

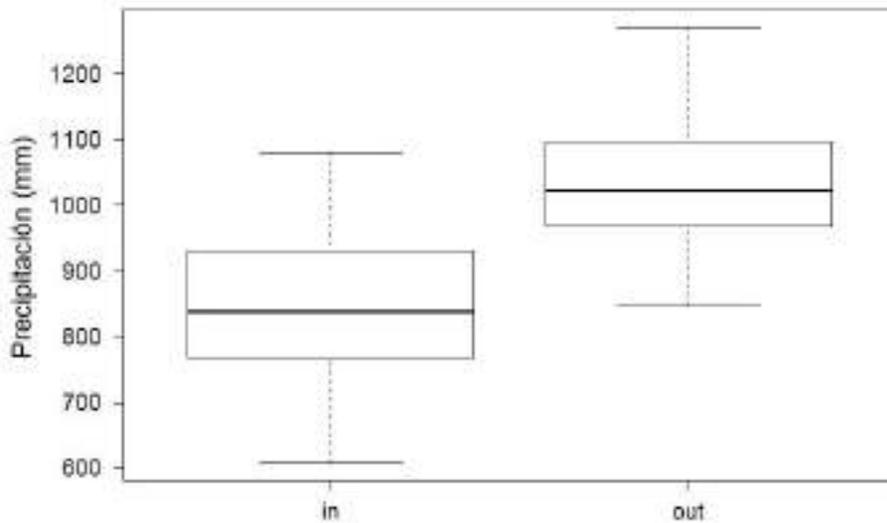
**Tabla. 1** Tabla de contingencia para evaluar independencia entre presencias y ausencias de *C. clarki* y el área delimitada por el modelo de distribución.

Matriz de confusión	Ausencia		Presencia	
	Observado	Esperado	Observado	Esperado
Fuera	25	12	5	18
Dentro	7	20	40	27
$\chi^2=35.34$ gl= 1 P<0.001				

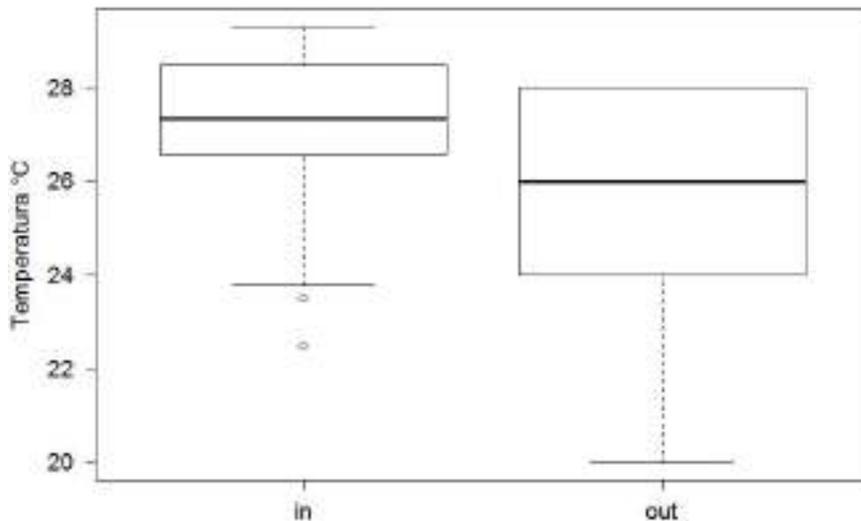


#### 7.4. Espacio climático y altitudinal donde se distribuye *C. clarki*

Existe una marcada diferencia entre los puntos dentro del área potencial y fuera de ella, se encontró que la especie tiene afinidad a sitios menos húmedos y calientes como lo muestra el diagrama (Fig. 6, Fig. 7).



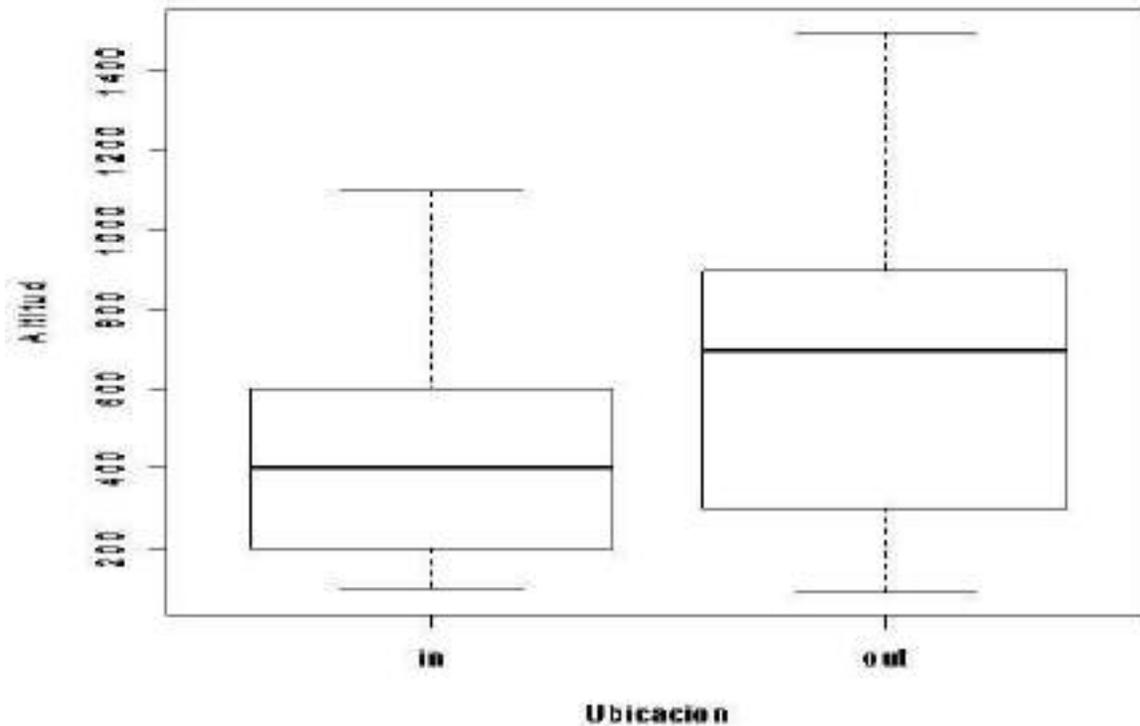
**Fig. 6** Diferencia de las precipitaciones para los puntos dentro (in) y fuera (out) del área de distribución de la especie mediante la prueba de wilcoxon ( $W = 182.5$ ,  $P < 0.001$ ).



**Fig. 7** Diferencia de las temperaturas para los puntos dentro (in) y fuera (out) del área de distribución de la especie mediante la prueba de wilcoxon ( $W = 1030$ ) ( $P = 0.001$ ).



Se encontró que la mayoría de los puntos aleatorios dentro del área de distribución de la especie se localizan a altitudes que van de los 200 a los 600 msnm (Fig. 8) lo cual indica que la mayoría del área de distribución se encuentra a una altitud constante para la especie, por lo contrario, los puntos fuera del área de distribución no presentan un patrón en sus altitudes, ya que van desde los 100 a los 1500 msnm.

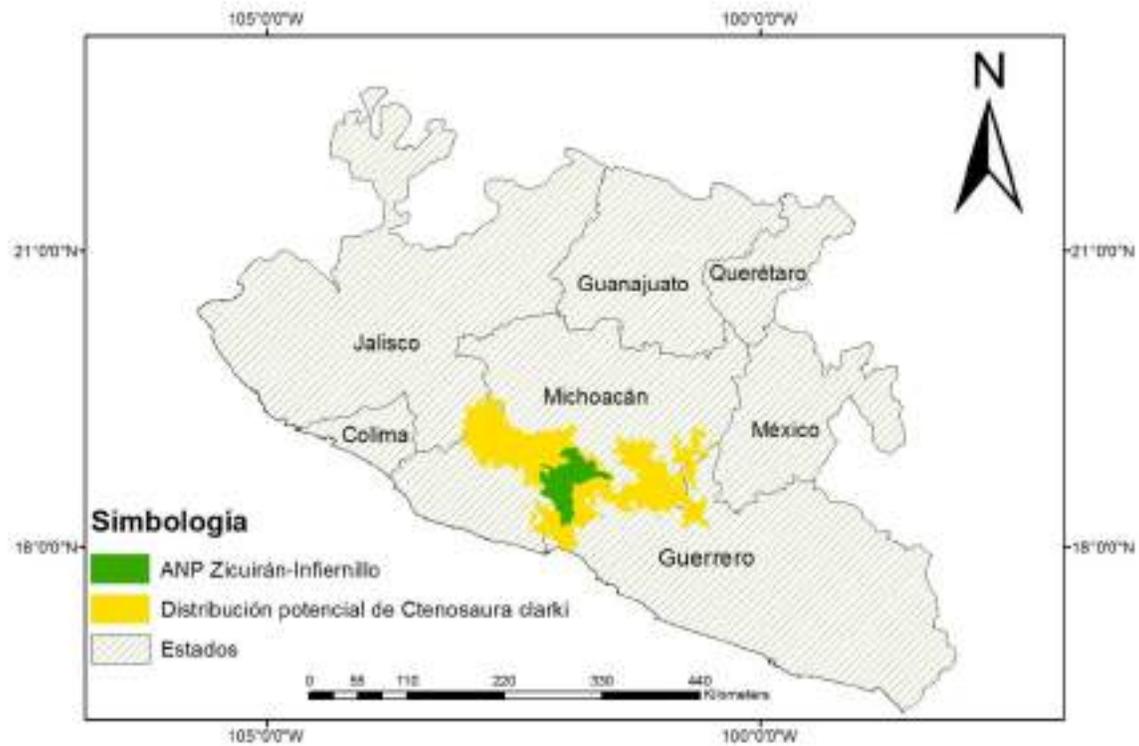


**Fig. 8** Diferencia de las altitudes para los puntos dentro (in) y fuera (out) del área de distribución de la especie mediante la prueba de wilcoxon ( $W = 437.5$ ) ( $P = 0.006$ )



### 7.5. Traslapo de la de la distribución con ANPs

Los resultados indican que solo el 14.82% del área de distribución potencial de *C. clarki* se encuentra dentro de la reserva de la biosfera Zicuirán Infiernillo.



**Fig. 9** Mapa del área de distribución de la especie en amarillo y de la Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo en verde.



## 7.6. Evaluación de la pérdida y fragmentación del hábitat en el área de distribución potencial de *C. clarki*

Se encontraron diferencias marcadas entre los mapas de vegetación y uso de suelo de INEGI escala 1: 250 000 de la serie I (1980) y serie V (2013). Principalmente disminuyó la extensión de la selva baja caducifolia (SBC) y aumentó la de áreas agrícolas, pastizales y vegetación secundaria de selva baja (Tabla. 2) y (Fig. 10). Con respecto al número de fragmentos hubo una disminución en el número de ellos para la serie V (Tabla. 3).

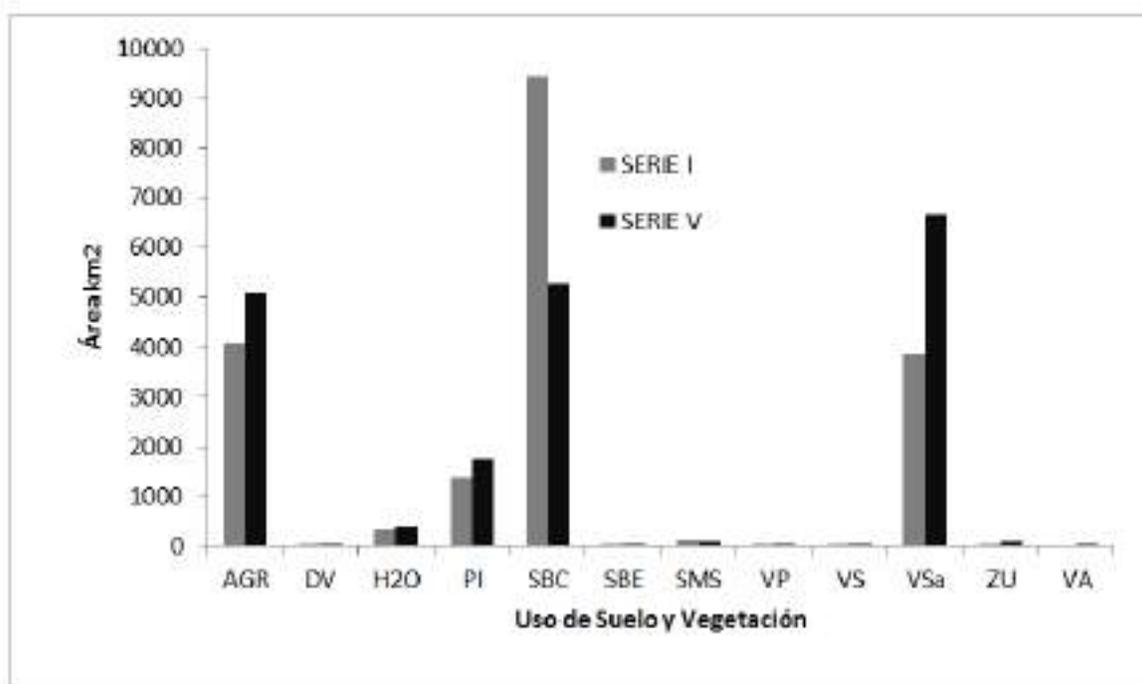
**Tabla. 2** Comparación del número de fragmentos por uso de suelo para cada una de las épocas (1980 y 2013).

Uso de Suelo y Vegetación	Clave	No. Fragmentos	
		Serie I (1980)	Serie V (2013)
Área agrícola	AGR	699	510
Desprovisto de vegetación	DV	8	3
Cuerpo de agua	H2O	5	22
Pastizal	PI	495	390
Selva Baja Caducifolia	SBC	344	206
Selva baja espinosa	SBE	13	7
Selva mediana subcaducifolia	SMS	17	12
Palmar	VP	3	3
Sabana	VS	6	3
Vegetación secundaria	VSa	257	529
Zona urbana	ZU	1	58
Popal	VA	0	1
<b>Total</b>		1848	1744

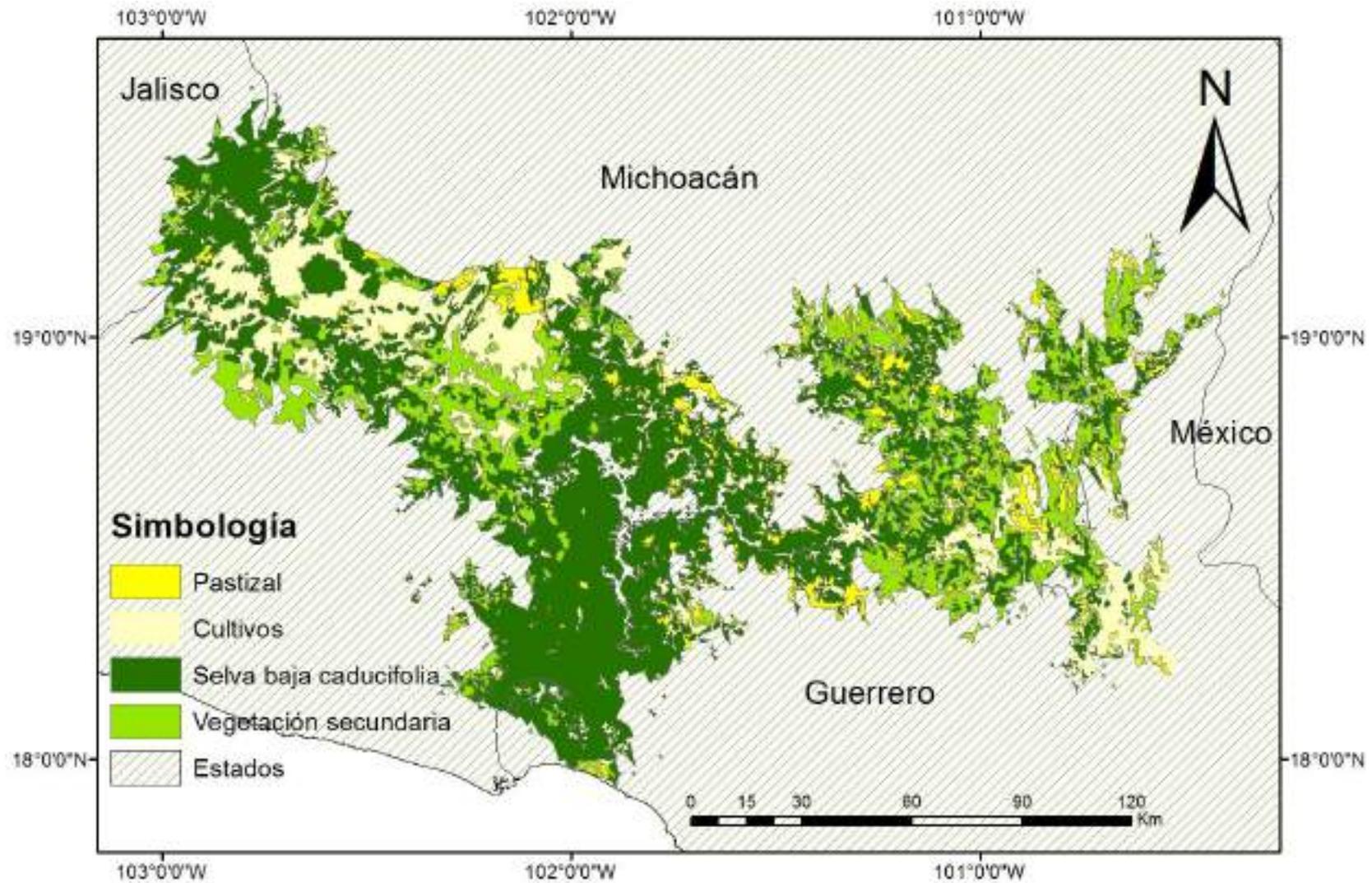


**Tabla. 3** Comparación del área total, promedio, tamaño máximo y mínimo y desviación estándar de los principales usos de suelo del mapa de distribución de *C. clarki* para cada una de las épocas (1980 blanco y 2013 gris).

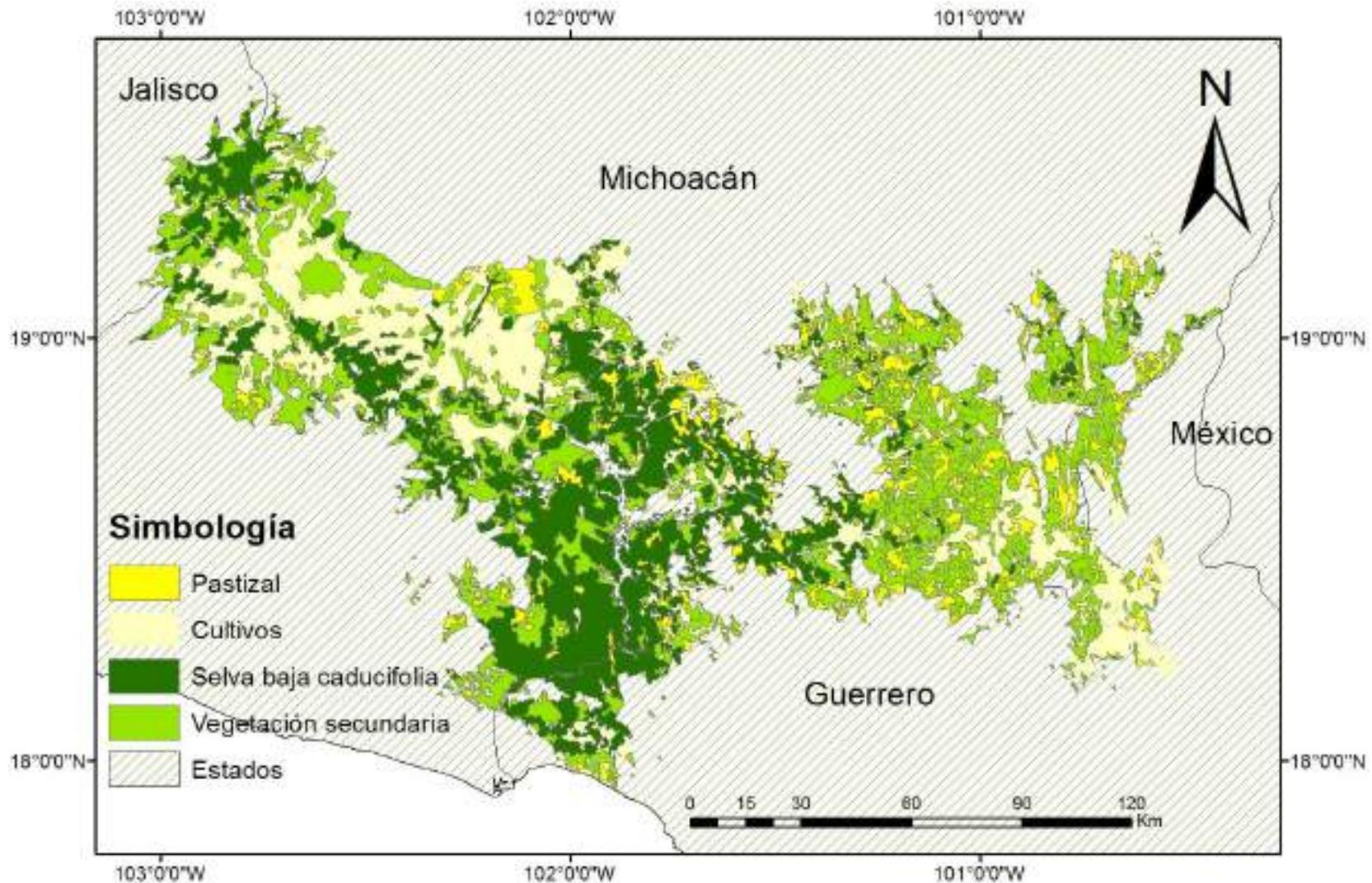
Clave	AGR	PI	SBC	Vsa
Área total	4095.018	1375.621	9453.897	3849.912
	5075.069	1743.825	5287.86	6669.633
Promedio	5.858	2.779	27.482	15.097
	9.951	4.471	25.669	12.608
Máx	942.679	113.935	5261.135	705.195
	356.729	111.781	1650.567	356.209
Mín	0.0013	0.0000249	0.0009994	0.0031794
	0.0000199	0.00021092	0.00065554	0.00045481
Desviación estándar	40.425313	7.48577491	290.364176	69.7247547
	29.114	8.043	150.445	27.883



**Fig. 10** Comparación de los mapas de uso de suelo y vegetación de INEGI escala 1:250 000 serie I (1980) y V (2013) recortado para el área de distribución potencial de *C. clarki*. El significado de las abreviaturas de tipo de suelo y vegetación aparece en la Tabla. 3.



**Fig.11** Carta de uso de suelo y vegetación INEGI escala 1: 250 000 serie I (1980) delimitada para el área de distribución de *C. Clarki*. Se muestran los principales usos de suelo y vegetación.



**Fig.12** Carta de uso de suelo y vegetación INEGI escala 1: 250 000 serie V (2013) delimitada para el área de distribución de *C. clarki*. Se muestran los principales usos de suelo y vegetación.



## 8. DISCUSIÓN

El uso de cualquier modelo predictivo de distribución de especies representa una aproximación a la distribución real de las especies (Paredes y Ramírez., 2011). En el caso del presente estudio se logró generar un mapa congruente con el conocimiento experto con un total de 26 registros de diferentes colecciones. El modelo generado en Maxent permitió identificar el área potencial de distribución de la especie no solo para el estado de Michoacán, si no para los estados de Guerrero y Jalisco. Se obtuvieron asimismo, nuevos registros en el municipio de Manuel M. Dieguez para Jalisco, los municipios de Coyuca de Catalán, Cutzamala de Pinzón, La Unión y Pungarabato para el estado de Guerrero y los municipios de Aguililla, Apatzingán, Buenavista, Carácuaro, Churumuco, Gabriel Zamora, Lázaro Cárdenas, Nuevo Urecho, San Lucas, Tiquicheo de San Nicolás Romero y Tumbiscatío para el estado de Michoacán. Pérez-Ramos et al. (2005) indican solo la distribución ecológica (clima y vegetación) para los municipios colindantes entre los estados de Michoacán y Guerrero, por lo que se logró verificar la presencia de la especie e identificar el área completa de su distribución como lo muestra la tabla de contingencia que se realizó (Tabla. 2). A pesar de que el desempeño del modelo fue bueno en general es recomendable realizar mayor trabajo de campo para detectar áreas que el modelo este omitiendo para confirmar su presencia en sitios no explorados, además podría compararse con otros algoritmos como Bioclim o Domain entre otros.

La iguana *Ctenosaura oaxacana* que se restringe en distribución al Istmo de Tehuantepec (Köhler & Hasbun., 2001) de igual forma otras especies del mismo género pero con distribución en el Caribe presentan como *C. clarki* áreas restringidas de distribución (Fig. 12). En el caso de *C. Clarki*, su distribución se encuentra al parecer confinada por la presencia de dos cadenas montañosas: el eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. Estas cadenas montañosas que funcionan como barreras biogeográficas presentan características ambientales, disponibilidad de recursos (alimenticios y de microhábitat) y de hábitat diferentes a las encontradas fuera del área de distribución de la especie.



**Fig. 13** Mapa con la distribución en base a la georreferencias de algunas especies del género *Ctenosaura* en México y el Caribe. Mapa de Gunther Köhler: *Schwarzleguane*

Las cuatro categorías en las que se reclasificó el modelo no presentaron relevancia en la presencia de la especie, ya que al verificar los sitios de muestreo en las áreas categorizadas mediante salidas a campo no se encontró diferencia significativa en la presencia y/o ausencias de la especie. Esto probablemente indique falta de sitios por muestrear para observar diferencias significativas en las distintas categorías distinguidas o que se generaron muy finas estas categorías y no representaron realmente condiciones distintas para la especie, por el contrario al comparar los sitios dentro del área contra los sitios fuera de ella se encontró una marcada diferencia entre las ausencias y presencias para ambos sitios ya que fuera del área potencial las condiciones climáticas son muy distintas a las de la depresión.

Con base en el análisis de las variables bioclimáticas que aportaron mayor contribución al modelo y comparándolo con el área de distribución (Depresión de Balsas-Tepalcatepec) podemos inferir que la especie está adaptada al hábitat de esta región con temperaturas cálidas (24°C-29°C) y precipitaciones entre los 600 y 1000 mm<sup>3</sup>. Esto



coincide con Pérez-Ramos et al. (2005), quienes mencionan que *C. clarki* es una especie estenoica ya que tiene una reducida tolerancia ecológica.

Con relación a la altitud Duellman y Duellman (1959) y Gicca (1982) mencionan que *C. clarki* se distribuye desde los 180 m a los 510 m. Sin embargo, los resultados del presente estudio muestran que la especie alcanza una distribución por arriba de esa altitud ya que se registró alrededor de los 600 msnm.

Respecto a la proporción de la distribución de *C. clarki* dentro de la ANP “Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo”, se encontró que menos del 15% de la distribución potencial de la especie se ubica dentro de la Reserva.

Nava (2014) menciona que cerca del 36% de las especies de reptiles de Michoacán se encuentran dentro de alguna ANP de las cuales el 80% de ellas su área corresponde a menos del 50% del hábitat apropiado, por lo que se concluye que *C. clarki* presenta un área de protección muy reducida, por tal motivo la mayor parte de las poblaciones de la especie no están protegidas, por lo que es necesario brindar a la especie protección fuera de la ANP Zicuirán-Infiernillo.

Respecto a los mapas de vegetación y uso de suelo, los resultados indican que existe un fuerte impacto antropogénico en la selva baja caducifolia, principalmente a causa de la deforestación. De igual manera encontramos que el número de fragmentos de áreas agrícolas y pastizales disminuyó pero aumentó en extensión en contraste con la selva baja caducifolia en la que se registró una disminución tanto en el número de fragmentos como su cobertura total. La disminución de la superficie de selva baja caducifolia y el incremento en la superficie de áreas agrícolas y ganaderas generan una presión sobre el hábitat natural de la especie y con ello un incremento en la vulnerabilidad de sus poblaciones ya que obligan a la especie a ocupar los postes de los potreros como hábitat (Duellman y Duellman, 1959). Por lo tanto, es importante en el futuro inmediato evaluar la respuesta de esta especie a las diferentes amenazas como pérdida y fragmentación de hábitat aunque parece adaptarse fácilmente a cambios en la vegetación natural la percepción negativa que tienen sobre la especie por el mito de su veneno hace que al perderse su hábitat natural la especie sea más visible y por ende sea más frecuente que la maten.



## 9. CONCLUSIONES

Los modelos de distribución potencial son una herramienta funcional para estimar el área donde están presentes las especies cuando las posibilidades de salir a campo y buscar la especie son costosas tanto en tiempo y dinero. Sin embargo, es importante generar estrategias que corroboren y validen los modelos de una manera eficaz y eficiente como el uso de las redes sociales, foros y paginas especializadas en generar conocimiento sobre la biodiversidad (NaturaLista). Más aún, existe la posibilidad es muy importante corroborar tus resultados saliendo a campo ya que el modelo puede omitir áreas donde la especie se distribuye.

Para conocer con exactitud cómo la pérdida y fragmentación de la selva baja caducifolia afecta a las poblaciones de *C. clarki* es necesario generar estudios poblacionales tanto en hábitats conservados y fragmentados.

La proporción que ocupa la especie dentro de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo es muy pequeña en comparación al área de distribución de la misma, por lo que se requieren generar alternativas para la conservación de la misma ya sea a través de un ordenamiento en el uso del suelo para los diferentes fines como la creación de más ANPs y la implementación de prácticas de manejo y actividades de educación ambiental que permitan la permanencia de la especie.

Además de los mitos y creencias acerca de estos animales los cuales los consideran venenosos tanto para la gente como para el ganado.



## 10. LITERATURA CITADA

Alvarado, J., Suazo-Ortuño. I., Wilson L.D., Medina-Aguilar O. 2000. **Patterns of physiographic distributions and conservation status of the herpetofauna of Michoacán, Mexico.** Amphibian and Reptile Conservation, 7(1): 128-170.

Anónimo. 2011. **Ctenosaura Identification Guide.** Department of Biology. Utah Valley University.

Antaramián, H.E, et al. 2003. **Atlas Geografico del Estado de Michoacan.** Segunda edición. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Mexico.

Böhm, Monika., Collen, B., et al. 2013. **The conservation status of the world's reptiles.** Biological Conservation 157:372-385.

Bolaños, N. E. 2012. **Microhábitat usado por Ctenosaura clarki (Lacertilia: Iguanidae) en la Región de Infiernillo, Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Canseco, L., y Gutiérrez, M. 2012. **Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.** Primera Edición. CONABIO. México. D.F.

Castro, A., y Alvarado, J. 2001. **Componentes de la dieta de la Iguana Ctenosaura clarki en la estación seca del Municipio de Huetamo, Michoacán.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Duellman, W., y Duellman, A., 1959. **Variation, Distribution, and Ecology of the iguanid lizard Enyaliosaurus clarki of Michoacán, México.** Occasional Papers of th Museum of Zoology. University of Michigan. (598): 1-14.



Gicca, D, F. 1982. *Enyaliosaurus clarki* (Bailey) **Balsas Armed Lizard**. Cat. Amer. Amphib. Rept. 301.1-301.2.

Gibbons, W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K. A. Buhlman, T. D. Tuberville, B. S. Metts, J. L. Greene, T. Mills, Y. Lieden, S. Poppy, C. T. Winne, 2000. **The global decline of reptiles, Dejavu amphibians**. Bios Science, 50:653-666

Gómez, A. 2011. **Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana verde (*Iguana iguana*) e iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en el Municipio de Buenavista, Michoacán**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Guisan, A., y N.E. Zimmerman, 2000. **Predictive hábitat distribution models in ecology**. Ecological Modeling, 135:147-186.

Köhler, G. & C. R. Hasbun 2001. **A new species of spiny tailed iguana from Mexico formerly referred to *Ctenosaura quinquecarinata* (Gray) Reptilia: Squamata: Iguanidae**. Senckenbergiana biologica 81(1/2), pp. [257-267]

Köhler, G. 2004. *Ctenosaura clarki*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 25 September 2013.

Mendoza E., T. Fuller, H.R. Thomassen, W. Buermann, T. B. Smith, D. Ramírez-Mejía, 2012. **A preliminary assessment of the role of the Mesoamerican Biological Corridor to protect potential Baird's tapir habitat in Southern Mexico**. Integrative zoology. En prensa.

Nava, B., 2014. **Identificación de áreas prioritarias para la conservación de reptiles en Michoacán y evaluación del impacto del cambio climático**. Programa de Maestría Institucional en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.



Paredes, D., y Ramírez, A. 2011. **Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México.** *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 689-700

Pérez, E., Saldaña, L. 2005. **Distribución ecológica de *Ctenosaura clarki* (Reptilia: Iguanidae) en Guerrero y Michoacán, México.** *Revista de Zoología*, núm. 16, pp. 16-23, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Pliscoff, P. Fuentes-Castillo, T. 2011. **Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles.** *Revista de Geografía Norte Grande*, 48: 61-79.

Santiago, A., Domínguez, M., Rosas, V., y Rodríguez, J. 2012. **Anfibios y Reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila.** Primera edición. Universidad de Guadalajara. México.

Uribe, Z., Gaviño de la Torre, G. y Sanchez, C. 1980. **Vertebrados del Rancho “El Reparito”, Municipio de Arteaga, Michoacan, Mexico.** *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool.* 51 (1): 615-646.

Wilson, L., Mata-Silva, V., y Johnson, J. 2013. **A conservation reassessment of the reptiles of México based on the EVS measure.** *Amphibian & Reptile Conservation* 7(1): 1-47.

York P., P. Evangelista, S. Kumar, J. Graham, C. Flather y T. Stohlgren. 2011. **A habitat overlap analysis derived from MaxEnt for Tamarisk and the South-western Willow Flycatcher.** *Front. Earth Sci.* 5(2): 120-129.



## APÉNDICES

**Apéndice 1.** Tabla utilizada para la generación del modelo de distribución con los registros de *C. clarki* de las diferentes colecciones.

No.	LONG	LAT	Estado	ID	COLECCION	SIGLAS	YEAR
1	-102.78	19.06	Michoacán	340146	CNAR	IBUNAM	1977
2	-102.3	18.36	Michoacán	337842	CNAR	IBUNAM	1985
3	-102.19	18.78	Michoacán	337843	CNAR	IBUNAM	1985
4	-102.14	18.86	Michoacán	340145	CNAR	IBUNAM	1978
5	-102.01	18.5	Michoacán	333438	CNAR	IBUNAM	1976
6	-102.00654	18.733319	Michoacán	F278	LHINIRENA	INIRENA	2008
7	-101.96818	18.7038667	Michoacán	388	LHINIRENA	INIRENA	2003
8	-101.93833	18.904787	Michoacán	F222	LHINIRENA	INIRENA	2012
9	-101.91	18.3014	Michoacán	332500	CNAR	IBUNAM	1964
10	-101.86833	18.8330556	Michoacán	404	LHINIRENA	INIRENA	2003
11	-100.91502	18.6166833	Michoacán	226	LHINIRENA	INIRENA	2001
12	-102.17212	18.59241	Michoacán	21214	MZFC	UNAM	
13	-101.975	18.576	Michoacán	76695	MVZ	GBIF	1962
14	-102.26667	19.050	Michoacán	143042	HERP	GBIF	1976
15	-102.0755	18.44006	Michoacán	143048	HERP	GBIF	1976
16	-102.11667	18.86667	Michoacán	132546	HERP	GBIF	1971
17	-102.25	19.011	Michoacán	32383	Reptiles	GBIF	1964
18	-102.13	18.86	Michoacán	37624	Herps	GBIF	1967
19	-102.13333	18.83333	Michoacán	58115	Herps	GBIF	1969
20	-101.97486	18.5755	Michoacán	76693	Herps	GBIF	1962
21	-102.07	18.791	Michoacán	94878	Herps	GBIF	1970
22	-102.13	18.885	Michoacán	94876	Herps	GBIF	1970
23	-101.15312	19.03525	Michoacán		LHINIRENA	INIRENA	2014
24	-101.02	18.46638	Michoacán		LHINIRENA	INIRENA	2013
25	-102.86764	19.24372	Jalisco	17488	MZFC	UNAM	
26	-102.86604	19.23376	Jalisco	19183	MZFC	UNAM	



**Apéndice 2.** Tabla con las georreferencias generadas aleatoriamente dentro del mapa de distribución de *C clarki* (Las filas marcadas muestran los puntos donde no se registró la presencia de la especie).

No.	LONG	LAT	CATEGORIA
1	-102.948652	19.220511	0.1-0.3
2	-102.900811	19.086866	0.3-0.5
3	-102.857569	19.401346	0.1-0.3
4	-102.834748	18.871538	0.1-0.3
5	-102.790477	18.827223	0.1-0.3
6	-102.650849	19.007481	0.3-0.5
7	-102.578651	18.859549	0.1-0.3
8	-102.564121	18.913691	0.1-0.3
9	-102.418733	18.959222	>0.7
10	-102.365489	18.818716	0.5-0.7
11	-102.281958	19.052247	0.5-0.7
12	-102.286964	18.311691	0.1-0.3
13	-102.225291	18.9629	>0.7
14	-102.225027	18.40422	0.1-0.3
15	-102.214743	18.195356	0.1-0.3
16	-102.13247	18.740069	0.3-0.5
17	-102.128879	18.65221	0.1-0.3
18	-102.128455	18.697793	0.1-0.3
19	-102.127952	18.25455	0.3-0.5
20	-102.11455	18.294747	0.1-0.3
21	-102.087249	19.011935	>0.7
22	-101.97866	18.153938	0.3-0.5
23	-101.974661	18.11775	0.1-0.3
24	-101.899567	18.969325	0.5-0.7
25	-101.897683	18.922231	0.3-0.5
26	-101.887705	18.431237	>0.7
27	-101.850737	18.835201	0.3-0.5
28	-101.698937	18.659429	0.5-0.7
29	-101.635683	18.32031	0.1-0.3
30	-101.613484	18.838831	0.1-0.3
31	-101.550304	18.669447	0.5-0.7
32	-101.420162	18.387545	0.1-0.3
33	-101.379668	18.883766	0.1-0.3
34	-101.325146	18.615208	0.1-0.3
35	-101.187655	19.053204	0.1-0.3
36	-101.137349	18.979959	0.1-0.3



<b>No.</b>	<b>LONG</b>	<b>LAT</b>	<b>CATEGORIA</b>
37	-101.134116	18.573418	0.3-0.5
38	-101.101218	19.020258	0.1-0.3
39	-101.035	18.538053	0.1-0.3
40	-100.892836	18.445482	0.1-0.3
41	-100.884423	18.580762	0.1-0.3
42	-100.853499	19.115917	0.1-0.3
43	-100.84628	18.440873	0.1-0.3
44	-100.805628	18.896021	0.1-0.3
45	-100.71312	18.444729	0.1-0.3
46	-100.665439	18.98155	0.1-0.3
47	-100.660113	18.300302	0.1-0.3
48	-100.657342	18.576829	0.1-0.3



**Apéndice 3.** Tabla con las georreferencias generadas aleatoriamente fuera del mapa de distribución de *C clarki* (Las filas marcadas muestran los puntos donde se registró la presencia de la especie).

No.	LONG	LAT
1	-100.823094	18.340364
2	-100.845352	18.303549
3	-100.901899	18.238676
4	-100.986401	18.295822
5	-100.779718	19.14824
6	-100.815981	19.329699
7	-101.056197	18.946018
8	-101.318177	19.127788
9	-101.723706	19.15009
10	-101.813987	19.033668
11	-101.882823	19.249239
12	-102.061576	19.188787
13	-102.328019	19.149258
14	-102.330542	19.163724
15	-102.320655	19.137776
16	-102.292375	18.36531
17	-102.261218	18.249774
18	-102.278818	18.122669
19	-102.060551	18.003668
20	-103.085872	18.974842
21	-102.785091	18.740414
22	-102.122941	18.417411
23	-101.866432	18.186104
24	-100.877797	18.358914
25	-100.902692	18.239247
26	-100.453259	18.280968
27	-100.584594	18.587051
28	-100.607297	19.215444
29	-100.553996	19.233714
30	-100.651264	18.906354