

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CINCO ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS  
EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO.

### **Reporte de Estancia**

Que presenta ROSAURA MONROY BECERRIL

Como requisito parcial para obtener el Diploma como ESPECIALISTA EN  
MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS ÁRIDAS  
Y SEMIÁRIDAS

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CINCO ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN LA  
SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO.

**Reporte de Estancia**

Que presenta ROSAURA MONROY BECERRIL

Como requisito parcial para obtener el Diploma como ESPECIALISTA EN MANEJO  
SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Firma manuscrita en azul del Dr. Jesús Valdés Reyna.

Dr. Jesús Valdés Reyna

Director (UAAAN)

Firma manuscrita en azul de M.C. Juan A. Encina Domínguez.

M.C. Juan A. Encina Domínguez

Director externo

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

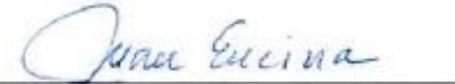
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CINCO ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS  
EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO

Reporte de Estancia

Elaborado por ROSAURA MONROY BECERRIL como requisito parcial para  
obtener el diploma como Especialista en Manejo Sustentable de Recursos  
Naturales de Zonas Áridas y Semiáridas con la supervisión y aprobación del  
Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Valdés Reyna

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alejandro Zárate Lupercio

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Juan A. Encina Domínguez

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Subdirector de Postgrado

UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Protección de la Fauna Mexicana (PROFAUNA) por todas las facilidades otorgadas.

A los guardaparques y brigadistas que trabajan día a día en la protección y conservación de la Sierra de Zapalinamé.

**DEDICATORIA**

A los luchadores y activistas ambientales de México que luchan por la protección y conservación de los recursos naturales.

A los 43 normalistas desaparecidos, algún día se hará justicia.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	2
General: .....	2
Específicos: .....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
Áreas Naturales Protegidas.....	4
Sierra de Zapalinamé como Zona Sujeta a Conservación Ecológica.....	4
Ubicación .....	5
Flora y Fauna.....	6
Especies exóticas invasoras, un problema mundial.....	6
Arundo donax L.....	7
Melinis repens (Willd.) Zizka.....	8
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. Schult .....	9
Populus alba L. ....	10
Ailanthus altissima (Mill.) Swingle.....	11
Modelos de distribución de especies .....	11
Maxent .....	13
DESARROLLO DE ACTIVIDADES.....	15
Área de estudio. ....	16
Fuentes de información.....	16
Modelado de distribución potencial de especies.....	17
RESULTADOS .....	18
CONCLUSIONES .....	25
REFERENCIAS .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de Manejo de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila (PROFAUNA, 2013). .....	5
Figura 2. Arundo donax, ZM Sierra Hermosa, Arteaga. ....	7
Figura 3. <i>Melinis repens</i> , ZM Sierra Hermosa, Arteaga. ....	8
Figura 4. <i>Heteropogon contortus</i> , ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo. ....	9
Figura 5. <i>Populus alba</i> , ZM Sierra Hermosa, Arteaga .....	10
Figura 6. <i>Ailanthus altissima</i> , ZM Cañón de Bocanegra, Arteaga, Coahuila. ....	11
Figura 7. Actividad con estudiantes de primaria, ejido Cuauhtémoc, Saltillo. ....	15
Figura 8. <i>Prunus cercocarpifolia</i> , ejido Cuauhtémoc, Saltillo. ....	16
Figura 9. Capas climáticas mundiales, (WorldClim, 2015). ....	17
Figura 10. Distribución potencial de Arundo donax en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. ....	18
Figura 11. Rebrote de Arundo donax en “Los Chorros”, Arteaga, Coahuila. ....	19
Figura 12. Distribución potencial de <i>Melinis repens</i> en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. ....	19
Figura 13. <i>Melinis repens</i> , ZM Sierra Hermosa, Arteaga, Coahuila. ....	20
Figura 14. Distribución potencial de <i>Heteropogon contortus</i> en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. ....	21
Figura 15. <i>Heteropogon contortus</i> , ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. ....	21
Figura 16. Distribución potencial de <i>Populus alba</i> en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. ....	22
Figura 17. <i>Populus alba</i> , ZM Cañón de Sierra Hermosa, Arteaga, Coahuila. ....	22
Figura 18. Distribución potencial de <i>Ailanthus altissima</i> en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. ....	23
Figura 19. <i>Ailanthus altissima</i> , ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. ....	23

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Variables climáticas (WorldClim, 2015) .....14

Cuadro 2. Valores de la UAC para las cinco especies exóticas invasoras de la  
sierra de Zapalinamé. ....24

## INTRODUCCIÓN

La Sierra de Zapalinamé comprende una superficie de 50,101.39 ha, es una zona sujeta a conservación ecológica principalmente por su flora, fauna y recursos hídricos de donde se extrae agua para los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe (CONABIO, S/A). La vegetación es de tipo Matorral Xerófilo, así como bosques de pino piñonero, oyamel y encino (Encina *et al*, 2008). Sin embargo esta riqueza biológica es afectada por actividades humanas a través del crecimiento desordenado de la mancha urbana, la tala ilegal, la extracción de tierra, los incendios forestales y las especies exóticas invasoras, las últimas se han expandido fuera de su rango de distribución natural, aumentando su densidad dentro de comunidades nativas teniendo impactos negativos (UNIBIO, S/A), por tal, la presencia de especies invasoras es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (CONABIO, 2011). De acuerdo con esto y debido a que la sierra es la fuente principal de abastecimiento de agua, se presentan como problema principal el carrizo (*Arundo donax* L.) que predomina en la vegetación riparia. Sin embargo existen modelos de distribución para nichos ecológicos que tienen un papel importante en ecología y biogeografía, utilizados en una amplia gama de aplicaciones incluyendo la evaluación de la biodiversidad regional, biología de la conservación, la gestión de la vida silvestre y planificación de la conservación (Marmion *et al*, 2009). Debido al impacto potencial de las especies invasoras sobre la estructura de las comunidades biológicas y al funcionamiento de los ecosistemas, se hace necesario conocer su distribución para implementar acciones de manejo y control (Palma y Delgadillo, 2014).

## OBJETIVOS

### General:

- Determinar la distribución potencial de cinco especies exóticas invasoras en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México

### Específicos:

- Elaborar un mapa de distribución potencial para cada especie.
- Fortalecer la base de datos de Protección de la Fauna Mexicana (PROFAUNA A.C) para investigaciones futuras.

## JUSTIFICACIÓN

La Sierra de Zapalinamé posee un gran valor por los servicios ambientales que ofrece, es la principal proveedora de agua para los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga y alberga especies nativas como la carpita de Saltillo (*Gila modesta*) y el olmo (*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch), sin embargo presenta varios problemas que limitan la posibilidad de supervivencia de flora y fauna, uno de ellos son las especies exóticas invasoras, estas representan a nivel mundial la segunda pérdida de biodiversidad seguida de los incendios forestales. Son generalmente transportadas e introducidas por el humano en lugares fuera de su área de distribución natural y debido a sus características se han adaptado y dispersado en la nueva región causando daños como el desplazamiento de especies nativas, así como cambios significativos en la composición, estructura y procesos de los ecosistemas. Por tal razón es importante estudiar el comportamiento de las especies exóticas invasoras de la zona sujeta a conservación ecológica sierra de Zapalinamé y poder predecir de manera oportuna su crecimiento usando los modelos de distribución de especies.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Áreas Naturales Protegidas

México ocupa el cuarto lugar entre los países megadiversos después de Brasil, Colombia e Indonesia (Jiménez *et al*, 2014) sin embargo las actividades humanas han afectado significativamente la biodiversidad del país. A partir de 1914 el estado comenzó a crear parques nacionales con el objetivo de preservar los recursos naturales (Simonian, 1999) y con ello se crearon las Áreas Naturales Protegidas (ANP) definidas como los espacios marítimos o terrestres donde los sistemas que presentan no han sido alterados significativamente por el hombre (Paz, S/A) y poseen una gran riqueza biológica y paisajística (Villalobos, 2000).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) reconoce a las ANP como las herramientas más costo-efectivas frente al cambio climático, beneficios que se suman a la protección de la biodiversidad y de los servicios de los ecosistemas como la captura y almacenamiento del carbono (CONANP, 2015). Cada vez con más fuerza, la creación de áreas se ha convertido en el objetivo por excelencia de toda política conservacionista a nivel mundial (Toledo, 2005), sin embargo, el trabajo ha sido insuficiente para mantener un sistema equilibrado (Bezaury y Carbonell, 2009).

### Sierra de Zapalinamé como Zona Sujeta a Conservación Ecológica

En 1988 se constituyó lo que hasta el momento se conoce como Protección de la Fauna Mexicana A.C (PROFAUNA), una asociación civil cuyo objetivo esta enfocado al ámbito general de los recursos naturales desde flora, fauna y el medio ambiente con la finalidad de la conservación (PROFAUNA<sup>1</sup>, S/A).

La formación de esta Organización No Gubernamental (ONG) se da porque Coahuila posee una serranía conocida como Sierra de Zapalinamé ya que es la fuente principal de recursos hídricos para la población del sureste del estado. Está reconocida como ANP con el carácter de Zona Sujeta a Conservación

Ecológica (SZCE) decretada el 15 de Octubre de 1996 (POE, 1996) y su conservación es prioritaria (Villanueva *et al*, 2009).

### **Ubicación**

Se ubica en el sureste del estado de Coahuila en los municipios de Saltillo y Arteaga abarca una extensión de 25,768.8 ha (UAAAN, 1998). El Programa Operativo Quinquenal 2013 (POQ) de PROFAUNA reporta que la zona está dividida en cinco zonas de manejo: ZM Cañón de San Lorenzo, ZM Cañón de Bocanegra, ZM Cañón de Sierra Hermosa, ZM Cañón de Cuauhtémoc y ZM Cañón de Las Norias (Figura 1), incluye 16 sectores de manejo que cubren, tanto los polígonos decretados de la ZSCE y la zona de restauración; como zonas de amortiguamiento determinadas en el área de influencia ocupando una superficie total de 50,101.39 ha (PROFAUNA <sup>2</sup>)

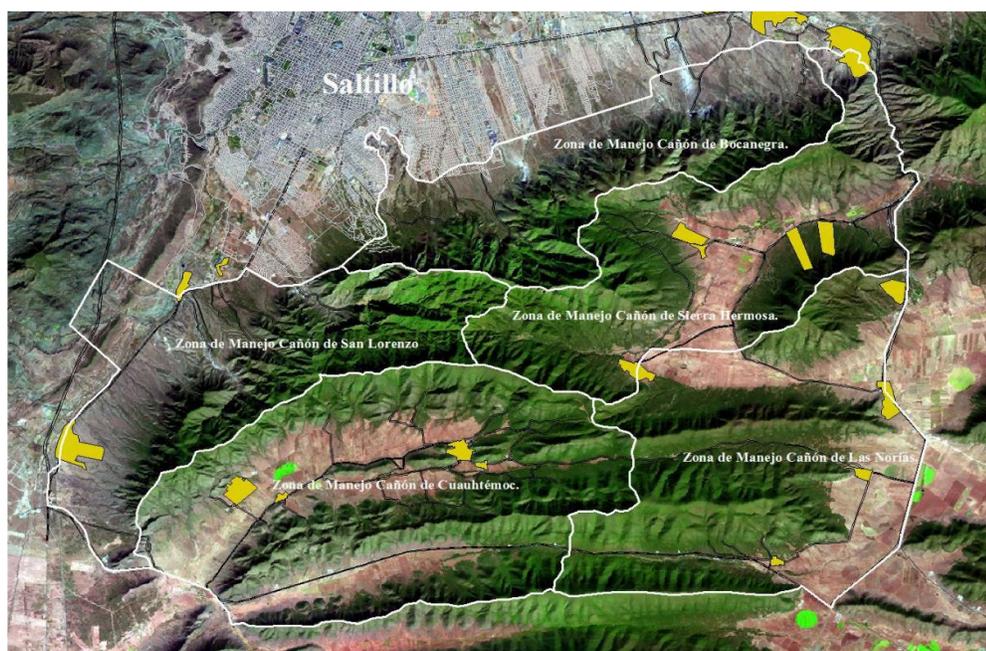


Figura 1. Zonas de Manejo de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila (PROFAUNA, 2013).

## **Flora y Fauna**

La ZSCE es el hábitat de especies faunísticas como el oso negro, el puma, el venado cola blanca y la guacamaya enana (especie endémica y en peligro de extinción) por tal, es prioritario proteger esta zona y preservar la densidad genética así como restaurar el equilibrio ecológico de la misma (POE, 1997). Encina y colaboradores (2008) reportan que en general la cubierta vegetal de la sierra con exposición al sur está representada por matorrales rosetófilos y micrófilos, en partes altas se presenta bosque de pino y oyamel, en los cañones bosques de encinos y en las laderas bajas de exposición al norte y oeste se presenta matorral submontano de rosáceas.

El POQ 2008 de PROFAUNA reportó que la zona alberga especies faunísticas endémicas e importantes como la carpita de Saltillo (*Gila modesta*) y la guacamaya enana (*Rhynchopsitta terrisi*), también flora como el olmo enano (*Ostrya virginiana*) y el Hayarín (*Abies vejarii*), sin embargo, debido a la actividad humana, también se desarrollan especies invasoras consideradas un amenaza para el funcionamiento del ecosistema y la supervivencia de especies.

### **Especies exóticas invasoras, un problema mundial**

Las especies exóticas invasoras son las que se han expandido fuera de su rango de distribución natural, aumentando su densidad dentro de comunidades nativas teniendo impactos negativos (UNIBIO, S/A), pueden transformar la estructura de los ecosistemas y las especies nativas que lo componen, reprimiéndolos o excluyéndolos, ya sea directamente compitiendo por recursos o indirectamente cambiando la forma en que los nutrientes se reciclan (IUCN, 2001). Las introducciones, tanto intencionales como accidentales que se han realizado son enormes, principalmente en el descubrimiento y la colonización de América así como la globalización en marcha (Aguirre *et al*, 2009), por tal, la presencia de especies exóticas invasoras es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (CONABIO, 2010).

En 2005 la SEMARNAT designó a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como institución responsable de crear un grupo de trabajo pertinente al tema de “Especies Invasoras”. Se estima que en México el listado de plantas exóticas contempla 618 especies que pertenecen a 355 géneros y 87 familias (Villaseñor y Magaña, 2006).

### ***Arundo donax* L.**

Originaria del continente asiático, se caracteriza por un gran potencial de crecimiento y alta productividad de biomasa (3.4 ton de peso seco por ha) (Flores *et al*, 2008), posee gran capacidad invasiva (Figura 2) a lo largo de distintos ríos californianos, originando erosión de las orillas alterando la morfología de los cauces y competencia por recursos hídricos (Cortés y Goolsby, S/A). Desplaza la vegetación ripiara provocando empobrecimiento del hábitat para la fauna terrestre asociada, disminuye la capacidad de desagüe de ríos y canales e impide o dificulta la regeneración de especies por las grandes masas de vegetación (ARUDON/EEI/FL010, S/A).



Figura 2. *Arundo donax*, ZM Sierra Hermosa, Arteaga.

No soporta el frío invernal, se produce a través de rizomas que llegan a crecer hasta medio metro por año por tal es una de las más peligrosas a nivel mundial (Campos y Herrera, 2008). Modifica las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas que coloniza alterando el microclima al proporcionar menor sombreado a la corriente de agua proporcionando un habitat poco adecuado para la fauna silvestre nativa ( Deltoro *et al*, 2012).

### ***Melinis repens* (Willd.) Zizka**

Los zacates pueden reducir la abundancia y distribución de especies que proporcionan alimentos a los herbívoros y disminuye la calidad del habitat para la flora y fauna silvestre (M. y J, 2015). *Melinis repens* (Figura 3) es una especie originaria de Sudáfrica, se distribuye principalmente en sabanas y probablemente en pendientes rocosas, barrancos y a orillas de riachuelos (Melgoza, *et al.*, 2014).



Figura 3. *Melinis repens*, ZM Sierra Hermosa, Arteaga.

Presenta gran capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad y pobreza de suelos, convirtiendose en maleza invasora en áreas de cultivo o pastizales de zonas áridas y semiáridas además de que promueve regímenes

anómalos de fuego (Díaz *et al*, 2012). Se localiza en pastozales en el norte, sur y este de sonora, así como en matorrales desérticos de la costa central de California (CONABIO, S/A). Herrera (2010) reporta que zacate esta presente en la orilla de los caminos y carreteras así como en áreas impactadas del pastizal a una altitud de entre los 1,890 a 2,200 m.

### ***Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult**

Herrera et al (2011) reportan que el año 1999 se registraron por primera vez las especies *Melinis repens*, *Muhlenbergia minutissima* y *Heteropogon contortus* donde la última resultó tener mayor cobertura que la primera. *Heteropogon contortus* (Figura 4) es considerado como elemento de vegetación secundaria en pastizales y matorrales xerófilos, también en bosques de pino piñonero y enebro, bosques bajo abierto de encino, y puede estar presente en alturas que van de los 1,200 a 2,440 m (Herrera y Pámanes, 2010).



Figura 4. *Heteropogon contortus*, ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo.

Es originaria de Australia, Oceanía, Sudeste Asiático y este de África y se ve favorecida por los incendios (Anónimo<sup>1</sup>, S/A). Valdés (*et al*, 2015) reporta que no existe una distribución homogénea de gramíneas en Coahuila, sin embargo

existe mayor variabilidad de especies donde se puede encontrar a *Heteropogon contortus* en la parte sureste del estado. Sobrevive en ambientes tanto semiáridos, seco-subhúmedo, subhúmedo y húmedo, aunque prefiere a los primeros (Jorba y Ramón , 2010).

### ***Populus alba* L.**

Originario de Europa central, crece en suelos frescos y húmedos, casi siempre en lugares próximos a cursos de agua, asociado a fresnos, sauces y olmos (Figura 5). Soporta climas cálidos y no suele ascender encima de los 1200 m de altitud sin embargo se menciona que puede crecer a 2,000 m (López, 2006).

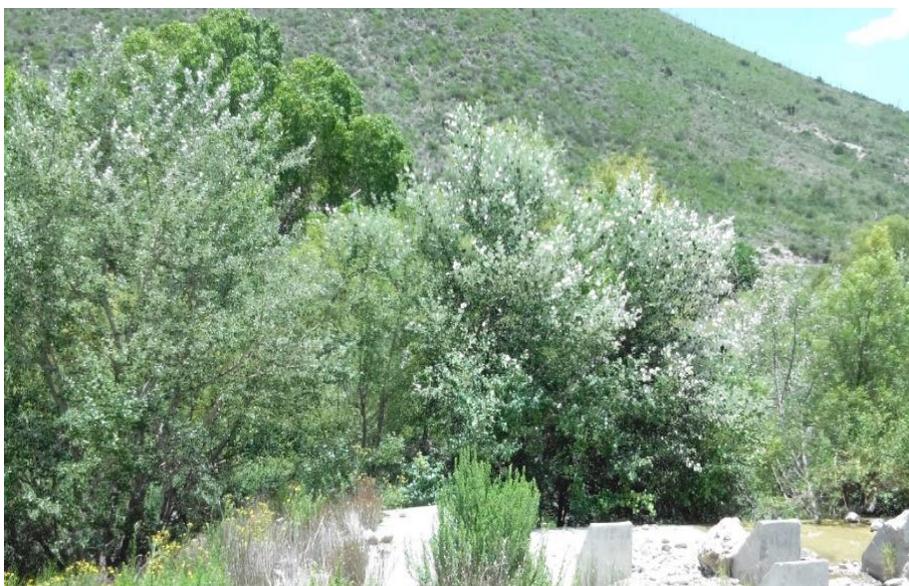


Figura 5. *Populus alba*, ZM Sierra Hermosa, Arteaga

Pérez (*et al*, 2011) demostró que *Populus alba* posee la capacidad de inhibir la germinación de otras especies debido a que tiene sustancias alelopáticas lo que demuestra mayor competitividad ante otras especies y se asocia a temperaturas cálidas mínimas o máximas (Anónimo<sup>2</sup>, S/A).

### ***Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle**

Proviene de China, es una especie considerada invasora en casi toda Europa (excepto en el Norte), América, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda, identificada como una amenaza para la sanidad vegetal (Campos y Herrera, 2008).

Es competitiva, puede resistir temperaturas extremas y contaminación, es poco exigente en la calidad del suelo, sus hojas y corteza poseen sustancias alelopáticas sobre la flora acompañante ya que producen toxinas que inhiben el crecimiento de otras especies (Figura 6), las desplaza o dificulta su regeneración futura, además altera la disponibilidad de nutrientes, tiende a aumentar el pH del suelo, y persiste incluso después de la tala, quema o tratamiento con herbicida (AILALT/EEI/FL007). Tanto en macroclima templado como en el Mediterráneo puede crecer hasta 1400 metros de altitud (Bayón y Llamas, S/A).



Figura 6. *Ailanthus altissima*, ZM Cañón de Bocanegra, Arteaga, Coahuila.

### **Modelos de distribución de especies**

Resultado del impacto potencial de las especies invasoras sobre la estructura de las comunidades y al funcionamiento de los ecosistemas, es necesario conocer su distribución para implementar acciones de manejo y control (Palma y

Delgadillo, 2014), en este sentido los modelos de distribución de especies (SDM) indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de especies calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores (Benito y Peñas, 2007). Una forma de predecir las especies invasoras es a través de los SDM que hacen una representación parcial de la realidad que refleja algunas propiedades, son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (Guisan y E, 2000).

Los SDM pueden actuar como una valiosa herramienta para determinar la distribución de especies poco estudiadas y puede ser de gran ayuda en la generación de información biológica base no disponible (Morales, 2012). Han demostrado su utilidad en estudios que evalúan patrones de distribución de organismos como son algunos análisis biogeográficos, ecológicos o de conservación, la mayoría predicen la presencia probable de una especie en un sitio no explorado (Villaseñor y Téllez, 2004) teniendo un papel importante en ecología y biogeografía, utilizados en una amplia gama de aplicaciones incluyendo la evaluación de la biodiversidad regional, biología de la conservación, la gestión de la vida silvestre y planificación de la conservación (Marmion *et al*, 2009).

En consecuencia existen varios modelos que buscan dar una predicción para controlar o estudiar a las especies. Por un lado se presenta BIOCLIM que averigua los rangos climáticos/topográficos de las zonas de presencia para cada variable y calcula la distribución potencial de dicha especie en lugares con rangos climáticos y topográficos similares. Otro modelo es DOMAIN que calcula el parámetro estadístico "Distancia de Gower" para cada celda en el mapa. El número resultante es multiplicado por 100. Las zonas con las mejores condiciones de habitabilidad de la especie tendrán un número alto (superior a 95). GARP (Algoritmo Genético Basado en Reglas) de forma iterativa, trata de encontrar las correlaciones entre los datos de presencia de la especie estudiada con los parámetros ambientales, utilizando 4 reglas diferentes: atómica, regresión

logarítmica, envoltura bioclimática y negación de la envoltura bioclimática. Por último se presenta MAXENT (Máxima Entropía) que modela la distribución geográfica de las especies, utilizando como datos sólo los sitios de presencia de esa especie y las variables climáticas y topográficas asociadas a cada uno de esos puntos de presencia.

### ***Maxent***

Está basado en el principio de máxima entropía es decir; trata de encontrar la distribución de probabilidad más extendida, o más cercana a ser uniforme, dadas ciertas restricciones que representan la información disponible e incompleta sobre el fenómeno (CENEAM, 2011). Phillips et al (2006) presentan este algoritmo como modelador del nicho ecológico a través de la distribución de probabilidad sujeta a limitaciones impuestas por la información disponible en torno a la distribución observada de las especies y las condiciones ambientales del área de estudio.

Mediante la relación entre los puntos de presencia conocidos de la especie y las variables ambientales (Cuadro 1) incluidas en el modelo, el algoritmo extrapola la presencia de las especies a las áreas donde se desconoce su presencia o ausencia (Paredes *et al*, 2011). Algunas aplicaciones de este programa son la priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica y restauración ecológica, modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, así como la evaluación de patrones de propagación de especies invasoras (Morales, 2012).

Para evaluar el modelo predictivo se debe usar el valor del área bajo la curva (UAC) que puede tomar valores entre 0.5 y 1 donde se busca obtener un valor mayor a 0.7 correspondiente a un modelo de elevada precisión o alta discriminación (Romo *et al.*, 2012). Con esta predicción se puede detectar gráficamente en un mapa las áreas donde las especies invasoras pueden estar presentes y donde posiblemente estarán en el futuro y con ello tomar medidas necesarias de control y de ser posible de erradicación.

Cuadro 1. Variables climáticas (WorldClim, 2015)

<b>Variables climáticas</b>
1. Temperatura promedio anual (°C)
2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3. Isotermalidad (cociente entre parámetros 2 y 7)
4. Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, %)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
7. Oscilación anual de la temperatura (diferencia entre parámetros 5 y 6)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
12. Precipitación anual (mm)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)
15. Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, %)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

## DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Se realizaron dos estancias que permitieron conocer temas de importancia ecológica y social.

Por un lado se trabajó en la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) principalmente solventando observaciones indicadas por la Auditoría Superior de la Federación (ASP) así como las observaciones realizadas por el Órgano de Control interno de la CONAZA, además se integró parte de la base de datos del Proyecto Estratégico para el Desarrollo de las Zonas Áridas (PRODEZA 2014).

Por otro se participó en PROFAUNA desarrollando actividades de educación ambiental a través de pláticas y juegos con estudiantes de preescolar, primaria y secundaria, sin embargo esta actividad solo se pudo realizar en el ejido Cuauhtémoc, en Saltillo (Figura 7).



Figura 7. Actividad con estudiantes de primaria, ejido Cuauhtémoc, Saltillo.

Además de la parte de educación ambiental se apoyó en la colecta de semillas, esta actividad ha permitido producir un número de plantas significativo que posteriormente será reforestado (Figura 8).



Figura 8. *Prunus cercocarpifolia*, ejido Cuauhtémoc, Saltillo.

Para la creación de mapas de distribución potencial de la ZSCE se realizaron visitas en las cinco zonas de manejo con el objetivo de georreferenciar las especies de interés (*Arundo donax*, *Melinis repens*, *Heteropogon contortus*, *Populus alba* y *Ailanthus altissima*), esta actividad se llevó a cabo debido a que la base de datos de PROFAUNA era limitada.

#### ***Área de estudio.***

El trabajo se realizó en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé ubicada en los municipios de Saltillo y Arteaga. Se visitó cada una de las cinco zonas de manejo para registrar las especies de interés.

#### ***Fuentes de información.***

Se consultó la base de datos registrada en PROFAUNA y se obtuvieron las coordenadas de las especies que fueron seleccionadas para el estudio así como la poligonal decretada para la zona.

Para obtener los datos climáticos y crear los mapas de distribución potencial se recurrió al registro de Worldclim, este espacio disponible en línea contiene bases de datos climáticos presentadas en capas con una resolución espacial aproximada de 1 Km<sup>2</sup> (WorldClim, 2015). Las 19 variables fueron descargadas a partir de la zona 22 correspondiente a México (Figura 9) con una resolución de 30 por 30 grados.

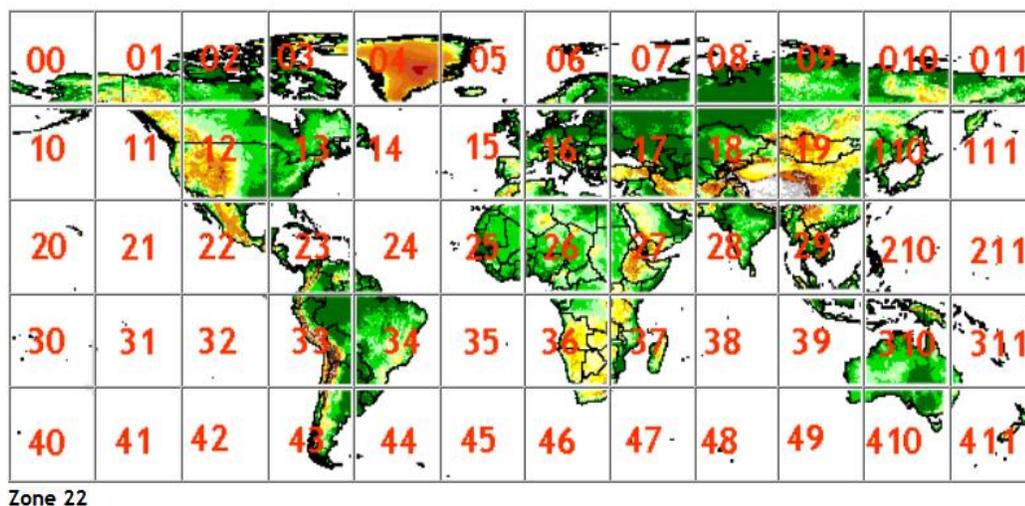


Figura 9. Capas climáticas mundiales, (WorldClim, 2015).

### ***Modelado de distribución potencial de especies***

Para obtener los mapas de distribución potencial se usó el software MaxEnt, este algoritmo determinó la relación entre las variables climáticas y los registros de la especie. Los mapas obtenidos fueron exportados al programa ArcMap 10.1 y se crearon los mapas finales del modelo potencial donde se muestran valores de baja (0) y alta (1) probabilidad de ocurrencia para cada especie. Para conocer la precisión del modelo se obtuvo el Área Bajo la Curva (AUC), se pretende obtener valores mayores a 0.7 que representan el menor rango de predicción.

## RESULTADOS

Se obtuvieron 5 mapas que representan la distribución potencial de las especies encontrando que existe una probabilidad elevada de que se distribuyan ocasionando cambios significativos en los ecosistemas de la sierra.

En la Figura 10 se observa la distribución de *Arundo donax* en el municipio de Arteaga, debido a que es allí donde se presentan las principales fuentes de agua superficial derivada de diversos escurrimientos que presenta la zona (menos de 1,900 m), este lugar es llamado “Los Chorros” y por las condiciones naturales es fácil para la especie poder reproducirse.

La variable indicativa para esta especie fue la oscilación anual de temperatura y la oscilación diurna parece ser la menos apropiada para estimar la distribución, a mayor temperatura la probabilidad de predicción aumenta.

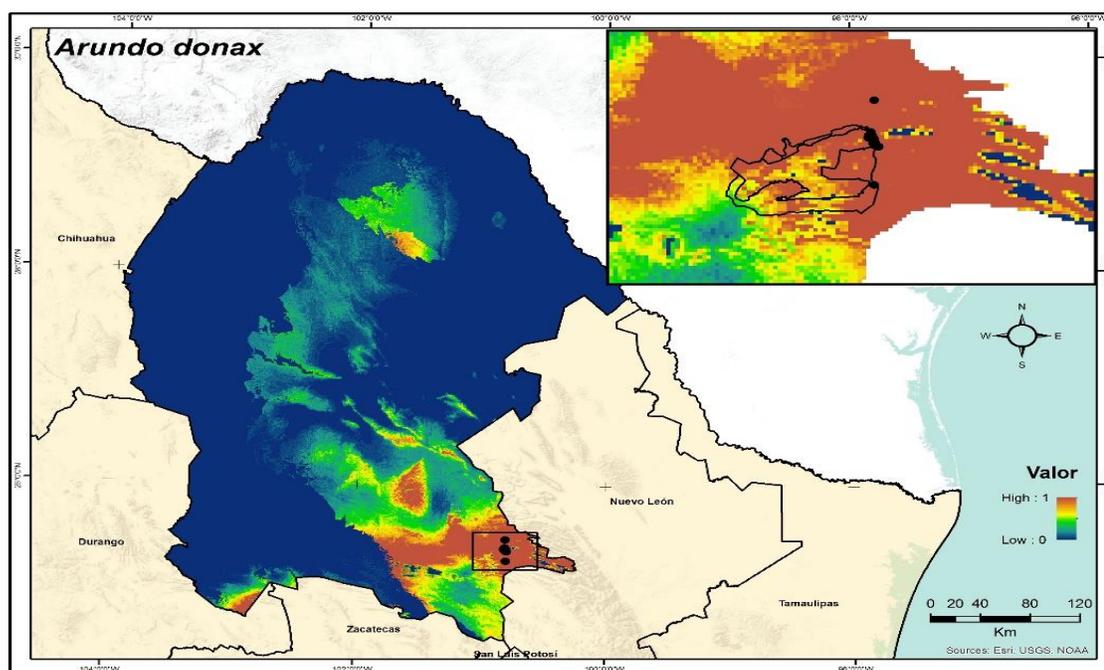


Figura 10. Distribución potencial de *Arundo donax* en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. La coloración café indica alta (1) y la azul menor (0) probabilidad, los puntos negros representan la ubicación de la especie.

Por su ubicación, modifica de manera notoria los caudales (Figura 11) donde habitan especies de importancia para la zona como la carpita de Saltillo.

PROFAUNA ha realizado el control de la especie, sin embargo, es de difícil manejo.



Figura 11. Rebrote de *Arundo donax* en “Los Chorros”, Arteaga, Coahuila.

*Melinis repens* (Figura 12) presentó distribución uniforme en las zonas con menos de 2000 msnm, sin embargo, es importante señalar que esta especie domina en las zonas bajas (Figura 13) y cercanas a carreteras o fuentes de agua, las coloración azul representa las zonas más altas donde predominan especies mayores como los pinos y oyameles.

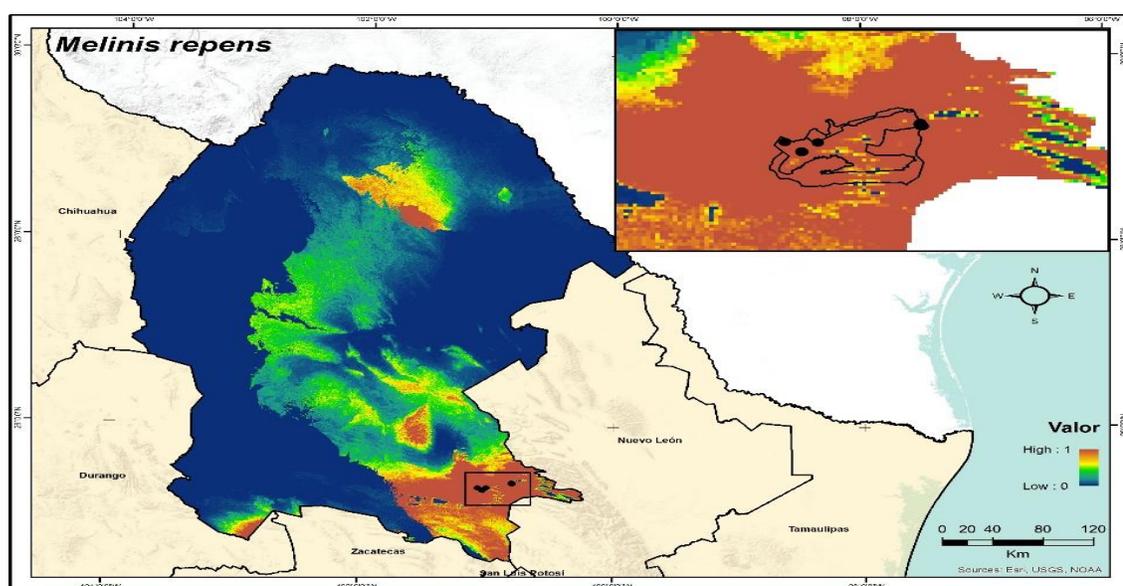


Figura 12. Distribución potencial de *Melinis repens* en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. La coloración café indica alta (1) y la azul menor (0) probabilidad, los puntos negros representan la ubicación de la especie.

A medida que aumenta la isothermalidad es mayor la probabilidad de distribución, pero la variable representada por la temperatura mínima promedio del período más frío no es útil estimar la distribución.



Figura 13. *Melinis repens*, ZM Sierra Hermosa, Arteaga, Coahuila.

*Heteropogon contortus* (Figura 14) es una especie con distribución más uniforme. Se observó en lugares con altitud de 2,090 m, lo que permite concluir que puede ser una especie de alto impacto a la diversidad de la zona si no se toman medidas para controlar su crecimiento. Al parecer la variable más importante para esta especie es la oscilación diurna de la temperatura y la que refleja una probabilidad menor es la oscilación anual de la temperatura. Se presentó principalmente en la ZN Cañón de San Lorenzo en zonas de pastizal (Figura 15).

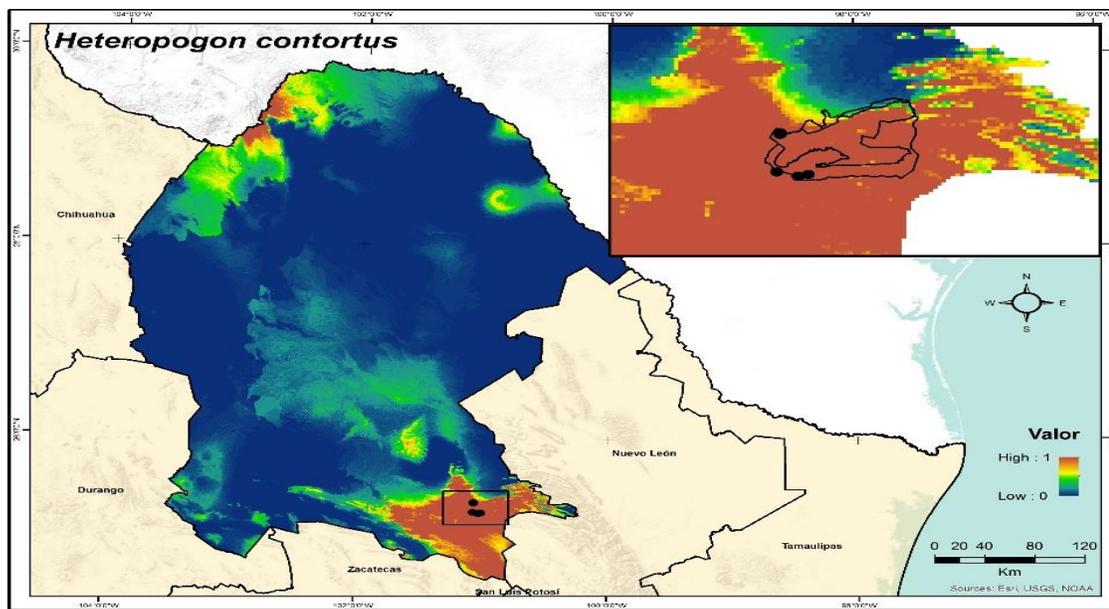


Figura 14. Distribución potencial de *Heteropogon contortus* en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. La coloración café indica alta (1) y la azul menor (0) probabilidad, los puntos negros representan la ubicación de la especie.



Figura 15. *Heteropogon contortus*, ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila.

*Populus alba* conocido como álamo plateado demostró que tiene la capacidad de distribuirse en toda la zona, sin embargo, es poco probable que se desarrolle en altitudes mayores a 2,900 m, en la Figura 16 se observan algunos puntos de coloración azul que indican una probabilidad de 0 debido a que son zonas que alcanzan los 3,100 msnm. La isothermalidad indica la mejor variable de

distribución para la especie, sin embargo la oscilación diurna limita las posibilidades de crecimiento.

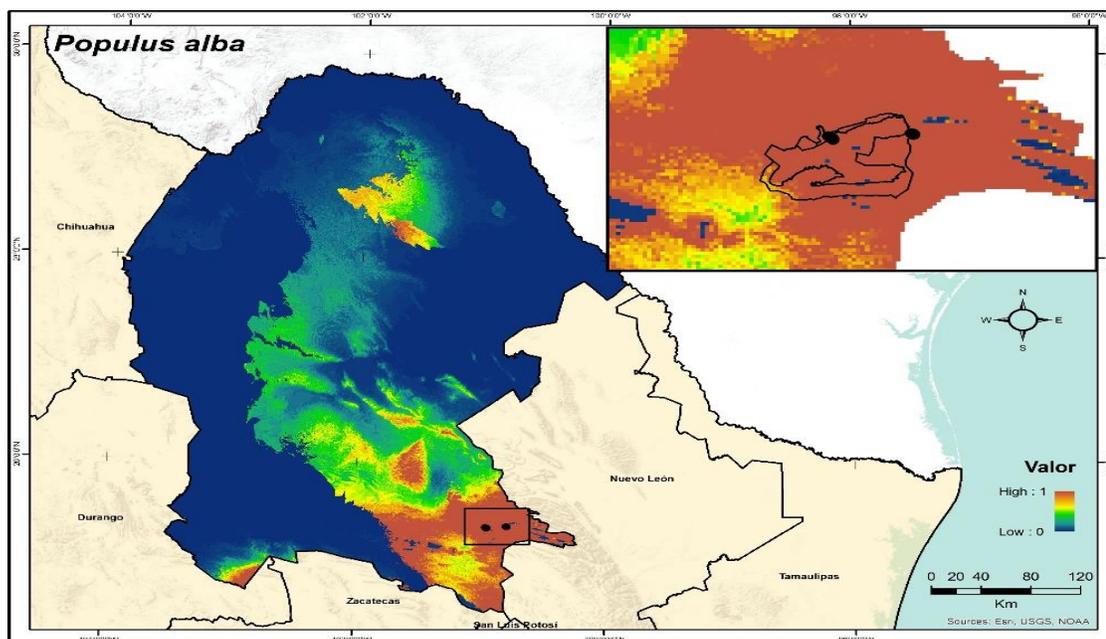


Figura 16. Distribución potencial de *Populus alba* en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. La coloración café indica alta (1) y la azul menor (0) probabilidad, los puntos negros representan la ubicación de la especie.



Figura 17. *Populus alba*, ZM Cañón de Sierra Hermosa, Arteaga, Coahuila.

*Ailanthus altissima* conocido como “Árbol del cielo” (Figura 18) representó mayor cobertura de probabilidad en casi todo el polígono con excepción de la parte baja en la ZM Cañón de San Lorenzo en la localidad de La Angostura particularmente

por ser una zona de menor impacto y donde predominan zacates como *Heteropogon contortus* y lechuguillas (*Agave lecheguilla*). De igual manera que la especie anterior, la variable más importante es la isothermalidad sin embargo, la variable de precipitación de período más lluvioso no es útil para estimar la distribución de esta especie.

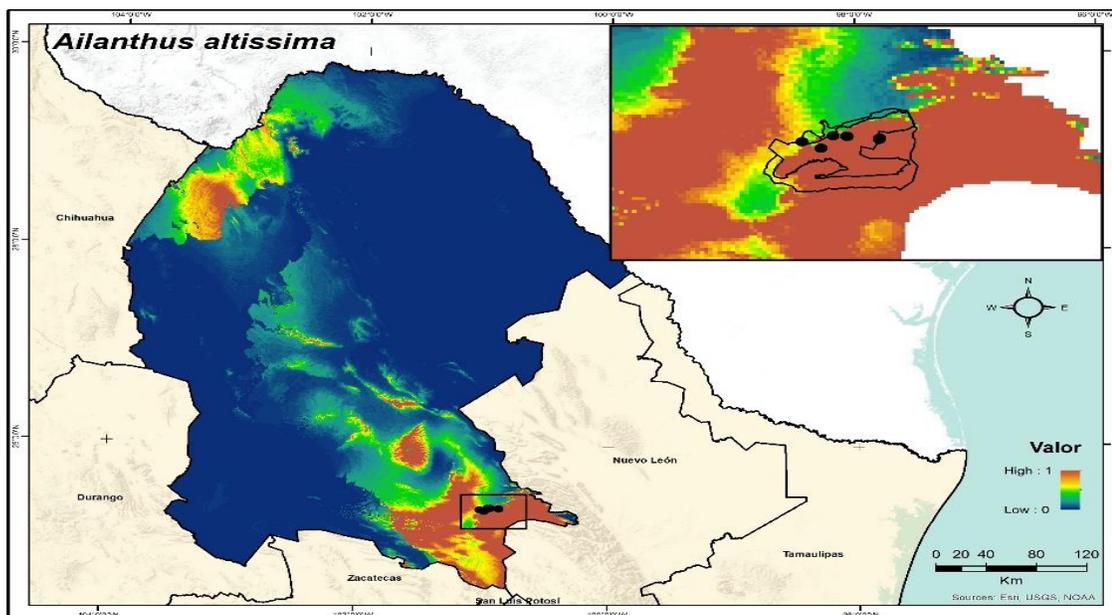


Figura 18. Distribución potencial de *Ailanthus altissima* en la ZSCE Sierra de Zapalinamé. La coloración café indica alta (1) y la azul menor (0) probabilidad, los puntos negros representan la ubicación de la especie.



Figura 19. *Ailanthus altissima*, ZM Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila.

De acuerdo con los mapas y los valores de la AUC obtenidos del análisis por Maxent se considera que el modelo de distribución para todas la especies resultó significativo (Cuadro 2) ya que los valores de la curva están entre 0.9798 y 0.9966 donde *Arundo donax* presentó la mayor probabilidad.

Cuadro 2. Valores de la UAC para las cinco especies exóticas invasoras de la sierra de Zapalinamé.

<b>Especie</b>	<b>UAC</b>
<i>Ailanthus altissima</i>	0.9798
<i>Arundo donax</i>	0.9966
<i>Heteropogon contortus</i>	0.9948
<i>Melinis repens</i>	0.9955
<i>Populus alba</i>	0.9944

## CONCLUSIONES

Los modelos generados para las cinco especies presentan un alta probabilidad de distribución de acuerdo con las 19 variables climáticas y se determinaron las variables que tienen mayor valor para establecer la probabilidad de predicción. Se pueden desarrollar estos modelos a través de diferentes programas para observar las posibles diferencias en cuanto a la distribución.

Es importante trabajar en el control de estas especies, ya que pueden generar problemas en los ecosistemas, no solo de la sierra sino en zonas aledañas por la facilidad de distribución de cada una.

Aunque PROFAUNA y CONAZA realizan trabajos operativamente distintos ambos buscan el desarrollo de las comunidades de zonas áridas y la conservación de los recursos naturales.

## REFERENCIAS

- AGUIRRE M. A y Mendoza A. R. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México 2009. 277-318.
- BAYÓN, Medrano, Á. y Llamas García, F. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Simarubaceae) como potencial invasora. *Ambiociencias-Revista de Divulgación Científica*. S/A.Pp 27-39.
- BENITO P, B y Peñas G, J. “Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica”. *GeoFocus*. Revista internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica. Granada, España 2007.No. 7.100-119.
- BEZAURY Creel, J. y Gutiérrez Carbonell, D. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. *Conservación de la biodiversidad en México*. Vol. II. México, 2009. P. 385-431.
- CONABIO . Estrategia nacional sobre especies invasoras en México. Prevención, control y erradicación. CONABIO, CONANP, SEMARNAT. México. 2010.
- DÍAZ, R. A. et al. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Rev Mex Pecu*, Issue 3(1), 2012. P. 33-47.
- ENCINA, D. J A. et al. Aspectos estructurales, composición florísticas y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*.2008. No. 83.13-24.
- GUISAN A. y E. Z. N. “Predictive hábitat distribution models in ecology”. *Ecological modelling*. El Server. Switzerland 2000. 135.147-186.
- HERRERA, C. J., Carrete, C. F., Herrer, A. Y. y Amaraz, A. N. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*. 2011, 36(4), P. 300-305.
- JIMÉNEZ Sierra, C. L., Sosa Ramírez, J., Cortés-Calva, P. y Solís, B. México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*, Marzo 2014, 22(60). 16-22.
- LÓPEZ, G. G., 2006. “*Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*”. 2da ed. Madrid: Mundi-Prensa.

- MARMION M. et al. "Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling". Biodiversity research. Diversity and Distributions. France 2009. No.15.59-69.
- M. Gray, K. y J., Steidl. R. A plant invasion affects condition but not density or population structure of a vulnerable reptile. Biol Invasions. February 2015. 17: 1979-1988.
- MELGOZA C. A, et al. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revisión. Rev Mex Cienc Pecu. 2014. 5(4):429-442.
- MORALES S. N. "Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en conservación". Revista Conservación Ambiental. New Zealand 2012. 2(1).1-5.
- PALMA, O. S. y Delgadillo, R. J. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. Botanical Science. Ecología. 2014. 92(4).587-597.
- PAREDES G. D M, et al. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México". Rev Mex. Biodiv. 82(2). México 2001.
- PHILLIPS J. S et al. "Maximun entropy modeling of species geographic distributions". Ecological Modelling. El Server. 190.2006.231-259.
- POE. *Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de zona sujeta a conservación ecológica, un área de la serranía conocida como Zapalinamé*). Octubre 1996. Tomo CIV, No.10. P.2.Salttillo, Coahuila.
- POE. *Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de zona sujeta a conservación ecológica, un área de la serranía conocida como Zapalinamé*). Febrero 1997. Tomo CIV, No.10. Saltillo, Coahuila.
- PROFAUNA<sup>2</sup>. *Programa Operativo Quinquenal zona sujeta a conservación ecológica Sierra de Zapalinamé (POQ)*. Febrero 2013.
- ROMO H. et al. Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución de *lepidópteros* del género *Boloria Moore*, 1900 en la Península Ibérica (*Lepidoptera: Nymphalidae*). SHILAP Revta. Lepid. 40(158), 2012.
- SIMONIAN, L. La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México. SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Mexicano de Recursos Naturales. 1999.

- TOLEDO, V. M. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?. Gaceta ecológica, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Octubre-Diciembre, 2005, No. 77. 67-83.
- UAAAN. Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Sierra de Zapalinamé". Memoria UAAAN. Septiembre 1998. México.
- VALDÉS R. J. et al. The grass family (Poaceae) in Coahuila, México: Diversity and distribution. Taxonomy and floristics. Botanical Sciences. México 2015. 93(1):119-129.
- VILLALOBOS, I. Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. Gaceta ecológica, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000, No. 54. 24-34.
- VILLANUEVA Díaz, J. et al. Variabilidad hidroclimática histórica de la sierra de Zapalinamé y disponibilidad de recursos hídricos para Saltillo, Coahuila. Madera y Bosques, Xalapa, México. 2009.15 (3). 45-64.
- VILLASEÑOR J. L y Magaña P. Plantas introducidas en México. Del herbario. México 2006. 38-40.
- VILLASEÑOR J. L y Téllez V. O. "Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (asteraceae) en México". Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica, 75(2). México, Distrito Federal 2004.205-220.
- ANÓNIMO<sup>1</sup> (S/A). Orden: *Poales*. Consulta: 12 Noviembre 2015. Disponible en: <http://www.taxateca.com/ordenpoales3.html>
- ANÓNIMO<sup>2</sup> (S/A) *Populus alba*. Consulta 02 Noviembre 2015. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/populus\\_alba\\_tcm7-175337.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/populus_alba_tcm7-175337.pdf)
- AILALT/EEI/FL007, S/A. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Consulta: 10 Octubre 2015. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/ailanthus\\_altissima\\_2013\\_tcm7-306916.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/ailanthus_altissima_2013_tcm7-306916.pdf)
- ARUDON/EEI/FL010, S/A. *Arundo donax* L. Consulta: 10 Octubre 2015. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/arundo\\_donax\\_2013\\_tcm7-306940.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/arundo_donax_2013_tcm7-306940.pdf)
- CAMPOS, J. A. y Herrera, M., (2008). *Diagnosis de la flora alóctona invasora de la CAPV*. Consulta: 10 Noviembre 2015. Disponible en: [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r496172/es/contenidos/libro/flora\\_invasora/es\\_doc/adjuntos/flora.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r496172/es/contenidos/libro/flora_invasora/es_doc/adjuntos/flora.pdf)

- CENEAM (2001). *Predicción de la distribución potencial del castaño en Galicia mediante modelos de nicho ecológico*. Seminario. Consulta: 12 Noviembre 2015. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/seminarioPNACC/14\\_-\\_Adaptaci%C3%B3n\\_casta%C3%B1o\\_Galicia\\_tcm7-185590.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/seminarioPNACC/14_-_Adaptaci%C3%B3n_casta%C3%B1o_Galicia_tcm7-185590.pdf).
- CONABIO (S/A). *Algodoncillo (Melinis repens)*. Consulta: 01 Noviembre 2015. Disponible en: <http://bios.conabio.gob.mx/especies/6041771.pdf>
- CONABIO (S/A). *La Sierra de Zapalinamé*. Consulta: 12- Noviembre-2015. Disponible en: <http://avesmx.conabio.gob.mx/verzona?tipo=aica&id=234>
- CONANP (S/A). *¿Por qué las Áreas Naturales Protegidas son una solución frente al cambio climático y cuáles son sus desventajas?*. Consulta: 13 Octubre 2015: Disponible en: [http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/index/anps\\_soluciones\\_frente%20al\\_cc.pdf](http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/index/anps_soluciones_frente%20al_cc.pdf)
- CONABIO (2011). *Se mejora el acceso a la información global sobre especies invasoras*. Consulta: 10 Noviembre. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/web/medios/index.php/noticias-2011/73-especies-invasoras-caen-en-la-red>
- CORTÉS E., M. y Goolsby, J., (S/A). *Buscando el antídoto natural en la lucha contra el "Carrizo Gigante"*. Consulta: Consulta: 01 Noviembre 2015. Disponible en: [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10954/1/cuadbiod29\\_04.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10954/1/cuadbiod29_04.pdf)
- DELTORO Torró, V. y Jiménez Ruiz, J., (2012). *Bases para el manejo y control de Arundo donax L*. Consulta: 13 Noviembre 2015. Disponible en: <http://www.conservacionvegetal.org/upload/publicaciones/47/Manual-Arundo-web.pdf>
- HERRERA, A. Y. y Pámanes, G. D. S., (2012). *Guía de Pastos de Zacatecas*. Consulta: 01 Noviembre 2015. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones\\_digitales/Guia\\_pastosZac.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Guia_pastosZac.pdf)
- FLORES M. J.J. et al. *El carrizo gigante, especie invasora de ecosistemas riparios*. CONABIO. Biodiversitas 81:6-10. México.
- IUCN. *Estrategia mundial sobre especies exóticas invasoras*. Consulta: 12 Noviembre 2015. Disponible en: <http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/McNeeley-et-al-ES.pdf>

- JORBA, M. y Ramón, V. V. (2010). *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo*. Consulta: 21 Octubre 2015. Disponible en: [http://cba.fc.ul.pt/about/news/Guia\\_canteras.pdf](http://cba.fc.ul.pt/about/news/Guia_canteras.pdf)
- PAZ Salinas, M. F., (S/A). *De áreas naturales protegidas y participación: convergencias y divergencias en la construcción del interés público*. Consulta: 10 Octubre 2015. Disponible en: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/nuant/cont/68/pr/pr4.pdf>
- PÉREZ, C. M., et al. (2011). *Efecto alelopático de especies invasoras de ribera sobre la germinación de especies de sotobosque*. Consulta: 02 Noviembre 2015: Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/44846/1/2011%20Alelopatia%20invasoras%20Pastos2011.pdf>
- PROFAUNA<sup>1</sup> (S/A). *Nuestra Historia*. Consulta: 17 Noviembre 2015. Disponible en: <http://www.profauna.org.mx/>
- UNIBIO (S/A). Monitoreo del estado de las invasiones biológicas de plantas en México. Consulta: 10 Noviembre 2015. Disponible en: <http://www.unibio.unam.mx/invasoras/>
- WorldClim (2015). WorldClim - Global Climate Data. Consulta: 10 Octubre 2015. Disponible en: <http://www.worldclim.org/>