



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y EFECTO DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO DE *Nicotiana glauca*  
(SOLANACEAE) UNA ESPECIE INVASORA EN  
MÉXICO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

ROCÍO JUÁREZ ALPIZAR



DIRECTOR DE TESIS: OSWALDO TÉLLEZ VALDÉZ

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMEINTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme sus puertas y permitir mi formación académica; porque cada rincón de los planteles que pise me llena de recuerdos.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y los profesores por formarme profesionalmente, así como vivir diversas situaciones de valor emocional y sentimental.

Al Dr. Oswaldo Téllez Valdés por brindarme su apoyo y facilitarme las herramientas para poder concluir este proyecto de tesis.

Al comité de revisión Dr. Raymundo Montoya Ayala, Dr. Ricardo Xavier Álvarez Espino, Mtra. Mayra Mónica Hernández Moreno y Mtro. Humberto Macías Cuellar por su paciencia y observaciones en la presente tesis.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres Juana y Juan Manuel, un pilar importante y fundamental desde el inicio de mi vida, por darme todo lo que soy como persona, llevarme por el camino del bien, enseñarme los mejores valores, principios y la perseverancia con el amor que solo un padre puede mostrar a sus hijos.

A mi esposo Pablo por su ayuda incondicional, estando conmigo en todo momento. Tú más que nadie sabe lo arduo que fue el camino, pero mediante tu motivación y ayuda me han permitido alcanzar mis sueños. Gracias por tu amor y paciencia.

A mi pequeña Aranza, la dueña de mi alma, luz de mis ojos todos mis esfuerzos y logros son pensando en ti, en alentarte con amor y respeto a que logres todos tus propósitos, hasta el final de los tiempos guiaré tu lapicero.

A mis hermanos Diana y Gustavo por que han sido mi ejemplo y mi aliento para luchar por mis metas.

A mis amigas Diana y Yesenia por su compañía, las buenas platicas, los buenos consejos y sobre todo las convivencias durante y después de las clases.

A mis compañeros de carrera y distintas procedencias por tantas buenas vivencias, las grandes experiencias y momentos de diversión.

*“Aprendí que un tropezón no es caída...  
que todo en la vida vuelve...  
que no hay mal que por bien no venga...  
que con voluntad y esfuerzo,  
todo resulta más fácil...  
que lo más valioso del mundo es,  
la familia y los amigos de verdad...  
que no se llora a quien no te valora...  
que por más tropezón, caída u obstáculo,  
o barrera que se interponga en el camino,  
el objetivo es levantar la cabeza y  
SEGUIR ADELANTE”*

*Anónimo.*

# INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<i>Especies invasoras</i>	<b>3</b>
<i>Modelos de Distribución de Especies.</i>	<b>4</b>
<i>Nicho ecológico y modelado</i>	<b>5</b>
<i>Cambio climático</i>	<b>7</b>
<i>Nicotiana glauca</i>	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<i>Objetivo general</i>	<b>10</b>
<i>Objetivos particulares</i>	<b>10</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>11</b>
<i>Distribución de Nicotiana glauca</i>	<b>11</b>
<i>Distribución en ANP´s</i>	<b>13</b>
<i>Efecto del cambio climático</i>	<b>13</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>14</b>
<i>Distribución de Nicotiana glauca</i>	<b>14</b>
<i>Distribución en ANP´s</i>	<b>15</b>
<i>Efecto del cambio climático</i>	<b>15</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>23</b>

## RESUMEN

Las especies invasoras se consideran como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, ya que, existe poca información sobre aspectos básicos de biología, la presencia actual así como su posible nicho fundamental ya que se aprovechan para sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales incrementando la disponibilidad de los recursos, la dispersión de las especies y la adaptabilidad de las mismas a nuevas condiciones. Aunado que hasta el momento se ha prestado poca consideración en el contexto del cambio climático, en el cual se ha enfatizado más el peligro de extinción de las especies autóctonas, prestando escasa atención a aquellas que posiblemente las sustituirán, tal es el caso de *Nicotiana glauca* originaria del noroeste y centro de Argentina, Paraguay y Bolivia, distribuida actualmente en casi todas las regiones climáticas del mundo, junto a las carreteras y a lo largo de las riberas, hasta una altura de 3,000 msnm con una gran capacidad de reproducción ya sea por polinización o autofecundación. Para conocer la distribución potencial y su efecto ante el cambio climático se estructuró una base de datos compilando 1,596 registros georreferenciados para México y Sudamérica. Con el fin de entender las causas de invasión de especies y proyectar la distribución potencial debido a las condiciones climáticas futuras, basadas en los escenarios de estabilización RCP4.5 y el de muy alto nivel de emisiones RCP8.5. Lo que muestra una fuerza selectiva con tendencia a disminuir su cobertura en el territorio mexicano drásticamente, de 753,187 Km<sup>2</sup> con los que potencialmente cuenta, reduce a

456,947 Km<sup>2</sup> y 197,831 Km<sup>2</sup> en los escenarios RCP 4.5 y 8.5, respectivamente. Dichos resultados nos llevan a concluir que el cambio climático como ocurriría en México podría ser contraproducente para las poblaciones de *Nicotiana glauca*, ya que como lo muestran los resultados las áreas con mayor idoneidad se perderán en por efecto del mismo.

**Palabras clave**

*Nicotiana glauca*, cambio climático, invasión, nicho ecológico.



## INTRODUCCIÓN

### *Especies invasoras*

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad es la introducción, intencional o accidental, de especies no nativas, ya que desarrollan un comportamiento invasivo teniendo como consecuencia el desplazamiento de especies que sí lo son causando graves daños a los ecosistemas. Los individuos que se introducen a nuevas áreas lejos de su ambiente pueden incrementar su abundancia rápidamente e incluso volverse dominantes, definidas como especies invasoras, donde algunos organismos desarrollan un comportamiento diferente al que tenían en su lugar de origen, ya que no tienen el control natural que delimite su distribución, tales como depredadores, condiciones específicas del ambiente e incluso competencia por los recursos (CONABIO, 2009).

Una especie exótica o introducida es aquella que procede de otro hábitat u otra región. Estas consiguen formar poblaciones auto sostenibles, donde pueden volverse dominantes en su nueva localidad y se les suele llamar especies establecidas, mismas que pueden ser capaces de avanzar sobre los ambientes naturales tornándose en invasoras y provocando efectos adversos sobre la biodiversidad, servicios ecosistémicos, salud o algunas actividades económicas (GISP, 2005).

No todas las introducciones son viables, sin embargo actualmente se sobrepasa la tasa natural de invasión causada por las actividades humanas de

manera intencional o ya sea por medios naturales sin importar las fronteras o límites políticos (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Las plantas como caso específico, pueden alterar características ecológicas fundamentales, que pueden afectar directamente a las plantas nativas al convertirse en monopolizadoras o donadoras de recursos limitantes causando cambios en los ecosistemas mediante alteraciones en la estabilidad del suelo, promoviendo la erosión, colonizando los sustratos abiertos, u otros recursos del suelo y promoviendo o suprimiendo el fuego (Vitousek, 1996; Richardson *et al.*, 2000). Los efectos causados pueden ser dramáticos cuando alteran los regímenes de perturbación más allá del rango de variación a la cual las especies nativas están adaptadas (D'Antonio *et al.*, 1999), lo que resulta en cambios en la comunidad y transformaciones a nivel de ecosistemas (Mack y D'Antonio, 1998).

### ***Modelos de Distribución de Especies.***

Para conocer el comportamiento de las especies invasora se han desarrollado una gama de herramientas con el fin de entender y proyectar su distribución (Richardson *et al.*, 2000) en espacio y tiempo, simplificando su estudio (Gallien *et al.*, 2010) y de esta manera implementar acciones de manejo y control (Fielding y Haworth, 1995; Guisan y Zimmermann, 2000; Zaniewski *et al.*, 2002; Anderson *et al.*, 2002; Segurado y Araújo, 2004; Guisan y Thuiller, 2005).

Los modelos de distribución de especies, se basan en el concepto de nicho ecológico (Gallien *et al.*, 2010) y son representaciones cartográficas de un espacio idóneo donde una especie pudiera estar presente, en función de las variables empleadas para generar dicha representación. Entendiendo por idoneidad la relación estadística entre la variable dependiente que debe ser dicotómica, es decir, presencia/ausencia y un conjunto de variables independientes cuantitativas, las cuales suelen ser geológicas, topológicas o climáticas usadas como indicadores, esperando que individualmente o en combinación, se puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables directa o indirectamente para la especie mediante un valor numérico para cada punto del terreno (Guisan y Zimmermann, 2000).

Dicha variación espacial de las especies en ambientes heterogéneos se puede modelar con funciones que permitan interpolar el valor de una variable en sitios no muestreados en el espacio y de esa forma conocer la su distribución potencial o Nicho fundamental (Hernández *et al.*, 2006).

### ***Nicho ecológico y modelado***

La propuesta de Hutchinson (1957) es la definición de nicho ecológico más acertada hasta ahora: "Nicho es el conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las que una especie es capaz de resistir y mantener estables los tamaños de población". El concepto hace referencia a los límites de tolerancia de las especies junto con sus condiciones abióticas y las especies que interactúan determinando así la distribución y abundancia de una especie (Ballesteros-Barrera, 2011).

En años recientes se han desarrollado técnicas aplicadas a la generación de modelos de distribución de especies, gracias a la programación y la amplia información geoespacial junto con los Sistemas de Información Geográfica, los cuales han mostrado ser eficaces con planes de conservación (Ferrier, 2002).

El método estadístico o algoritmo puede ser basado en registros de presencia-ausencia por ejemplo GLM (generalized linear models), GAM (generalized additive models) (Guisan *et al.*, 2006) o algoritmos únicamente basados en presencias usando un conjunto de datos geo referenciados para estimar la distribución del hábitat idóneo.

Bioclim (Busby 1991) es un algoritmo donde se genera para cierta especie un rango ecológico de  $n$  dimensiones, donde  $n$  es el número de variables predichas, mediante un análisis de distribución con registros de presencia sobre variables ambientales otorgando a cada celda un valor de distancia ecológica relativo a la posición que ocupa dentro del rango multidimensional donde no se admite información cualitativa (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction) (Stockwell y Peters, 1999) se pueden generar modelos de distribución mediante este sistema basado en inteligencia artificial que busca correlaciones no aleatorias entre puntos de presencia y variables ambientales dando como resultado un mapa final de idoneidad con valores continuos (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) Es un método donde se aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable para una especie estimando la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la

distribución más uniforme posible dando como resultado el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de variables ambientales. Es decir un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que se presentan condiciones sumamente favorables para la presencia de la especie estimando la importancia de cada variable (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

### ***Cambio climático***

El clima es uno de los factores que delimitan la distribución de las plantas, debido a que cada especie requiere de condiciones para germinar, crecer, florecer y fructificar, ya que cada especie tiene un intervalo de tolerancia a diversos factores ambientales (Peters, 1990; Walther *et al.*, 2002; Hardy, 2003; Dawson y Spannagle, 2009).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la transformación del hombre sobre el medio natural ha incrementado la emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera, provocando un aumento de temperatura en la Tierra (IPCC, 2001, 2007).

Se espera que el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas se vea reflejado en la distribución y abundancia de las especies, (Hughes, 2000; Peterson *et al.*, 2005; Root *et al.*, 2005; Parmesan, 2006) o la desaparición de algunas especies y poblaciones, (Walther *et al.*, 2002; Thomas *et al.*, 2004) o por el contrario podrían migrar o sobrevivir en nuevas condiciones ambientales (Beniston, 1994; Smith, 1997; Gray, 2005; Gavilán, 2008). Cualquier cambio

podría alterar la sustentabilidad de una región, debido a la modificación en la composición de especies del ecosistema (Ciesla, 1995; Gray, 2005; Walther *et al.*, 2005; Parmesan, 2006).

### ***Nicotiana glauca***

*Nicotiana glauca* es una especie originaria del noroeste y centro de Argentina, Paraguay y Bolivia, actualmente se encuentra distribuida en casi todas las regiones climáticas del mundo, junto a las carreteras y a lo largo de las riberas, hasta una altura de 3,000 msnm; considerada como invasora por ser una amenaza para la flora nativa de América Central, África, Israel y Australia (Goodspeed, 1954; Cronk y Fuller, 2001).

Ollerton *et al.*, (2012) Indican que *Nicotiana glauca* es una especie exitosa fuera de su área de distribución natural, a pesar de su sistema de polinización especializado. En las zonas donde los polinizadores naturales están presentes la reproducción es sexual, en cambio en las regiones donde no hay polinizadores especializados la semilla es produce por autofecundación, y los recursos de néctar son aprovechados ya sea legítimamente o por robo del mismo. Por tanto, su éxito no es predecible a partir de sus interacciones con los polinizadores en su área de distribución natural.

En un estudio para entender el potencial como cultivo y su respuesta a diferentes cantidades de riego y patrones, se mostró que *Nicotiana glauca* es una especie muy resistente adaptada al déficit hídrico, y que tienen una capacidad de colonizar las tierras marginales, además de tener una gran producción de

biomasa por encima del suelo en suelos pobres y climas secos (Curt y Fernández, 1990).

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general***

Evaluar el efecto del cambio climático en la distribución potencial en México de *Nicotiana glauca*.

### ***Objetivos particulares***

- ❖ Estructurar una base de datos de registros de *Nicotiana glauca* en México y Sudamérica.
- ❖ Elaborar modelos de distribución potencial actual en ambos sitios.
- ❖ Evaluar la distribución de *Nicotiana glauca* en relación a las Áreas Naturales Protegidas en México.
- ❖ Conocer los efectos del cambio climático de *Nicotiana glauca* en México.



## **METODOLOGÍA**

### ***Distribución de Nicotiana glauca***

Se integró una base de datos georreferenciados a partir de registros en los herbarios IZTA de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y MEXU del Instituto de Biología además de consultar bibliografía especializada y bases de datos en línea (www.gbif.org, www.tropicos.org y www.conabio.gob.mx), algunos datos obtenidos fueron corroborados en Google Earth.

La distribución de *Nicotiana glauca* en México se representó con el programa ArcView 3.2 (ESRI, 2000) obteniendo la cobertura que ocupa. Posteriormente se analizó dicha distribución con relación a las Áreas Naturales Protegidas, además de conocer la idoneidad, si su distribución incrementa o disminuye en dichas áreas.

El modelado de distribución potencial se realizó para conocer la cobertura de *Nicotiana glauca* en condiciones de clima actuales como futuras previstas para los años 2050 y 2080, por medio del programa MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006), y la correlación con 19 parámetros tomados de capas climáticas (Cuadro 1) interpoladas para México con la finalidad de predecir el patrón potencial de la distribución de dicha especie y así poder identificar los puntos donde las condiciones climáticas sean óptimas dentro de los límites del perfil bioclimático de la especie (Booth *et al.*, 1987). Se realizaron cinco repeticiones por medio de bootstrap, 1500 interacciones sin extrapolar. La interpretación de los modelos se realizó y editó por medio de ArcView. La precisión del modelo se evaluó con los valores de área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) y ROC (Curva

operada por el receptor). La manera en que influyen las variables ambientales fue obtenida mediante la prueba de Jackknife.

**Cuadro 1.** *Parámetros Bioclimáticos utilizados para estimar en MaxEnt.*

<b>Parámetros Bioclimáticos</b>	<b>Unidades</b>
1. Temperatura promedio anual	°C
2. Oscilación diurna de temperatura	°C
3. Isothermalidad	°C
4. Estacionalidad de la temperatura	Coefficiente de variación %
5. Temperatura máxima promedio de la semana más cálida	°C
6. Temperatura mínima promedio de la semana más fría	°C
7. Oscilación anual de temperatura	°C
8. Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	°C
9. Temperatura promedio trimestre más seco	°C
10. Temperatura promedio trimestre más cálido	°C
11. Temperatura promedio trimestre más frío	°C
12. Precipitación anual	mm
13. Precipitación de la semana más lluviosa	mm
14. Precipitación de la semana más seca	mm
15. Estacionalidad de la precipitación	Coefficiente de variación %
16. Precipitación del trimestre más lluvioso	mm
17. Precipitación del trimestre más seco	mm
18. Precipitación del trimestre más cálido	mm
19. Precipitación del trimestre más frío	mm

### ***Distribución en ANP´s***

Se estimó la distribución de *N. glauca* dentro de las Áreas Naturales Protegidas de México en la actualidad.

### ***Efecto del cambio climático***

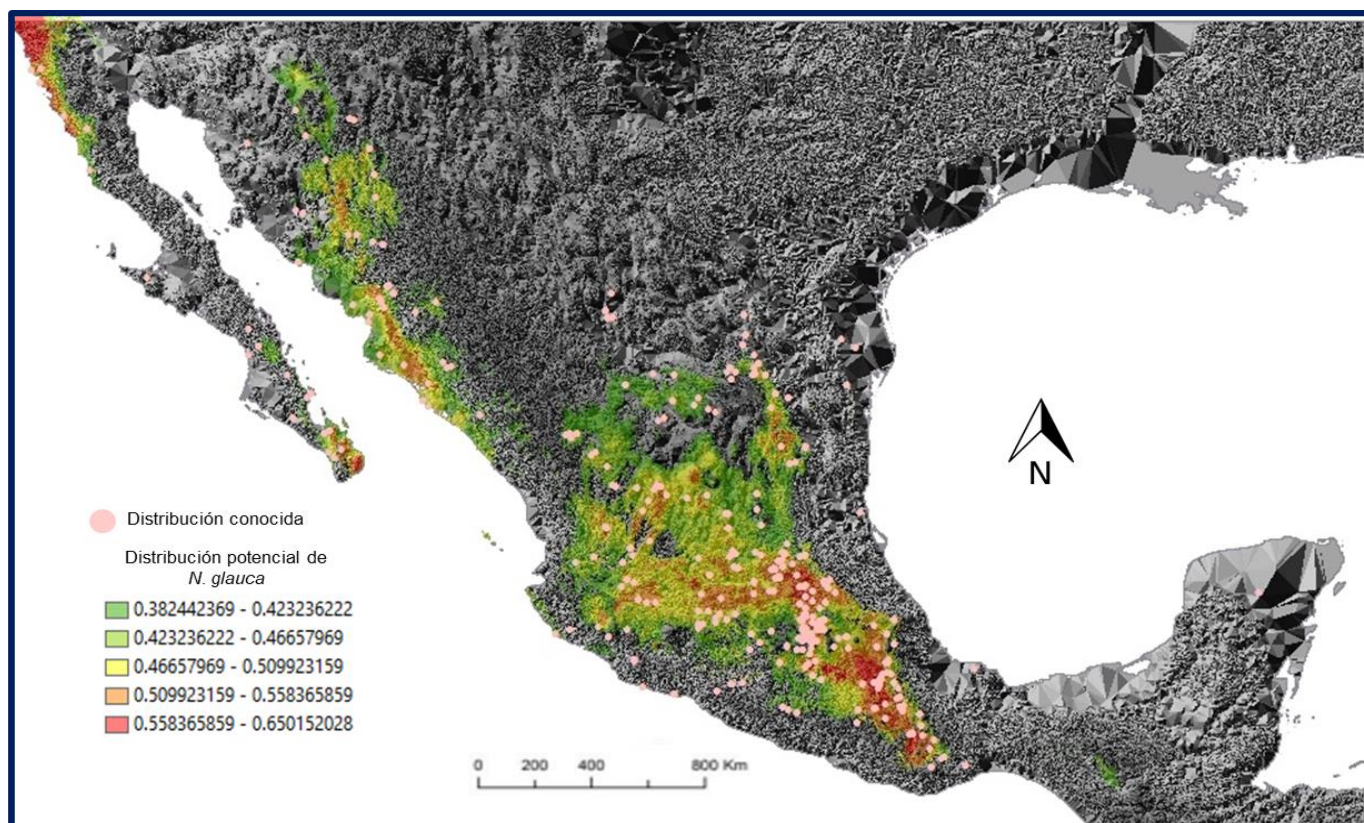
El efecto de cambio climático fue evaluado por medio de modelos franceses de cambio climático Representative Concentration Pathways (RCP) con un escenario de estabilización (RCP4.5) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8.5) basados en el modelo de circulación general de Francia (IPCC, 2014), por medio del programa MaxEnt 3.3.3K, posteriormente la interpretación de los mapas tanto de distribución potencial actual, como los dos escenarios climáticos futuros se realizaron por medio del programa ArcView 3.2 (ESRI, 2000) realizando una reclasificación de los datos obtenidos y un umbral de corte a partir de la clase 6 a la 9, asumiendo que son las que mejor representan su distribución.

## RESULTADOS

### *Distribución de Nicotiana glauca*

Se estructuró una base de datos compilando 1596 registros georreferenciados, de los cuales 1496 fueron reportados para México y 100 para Sudamérica.

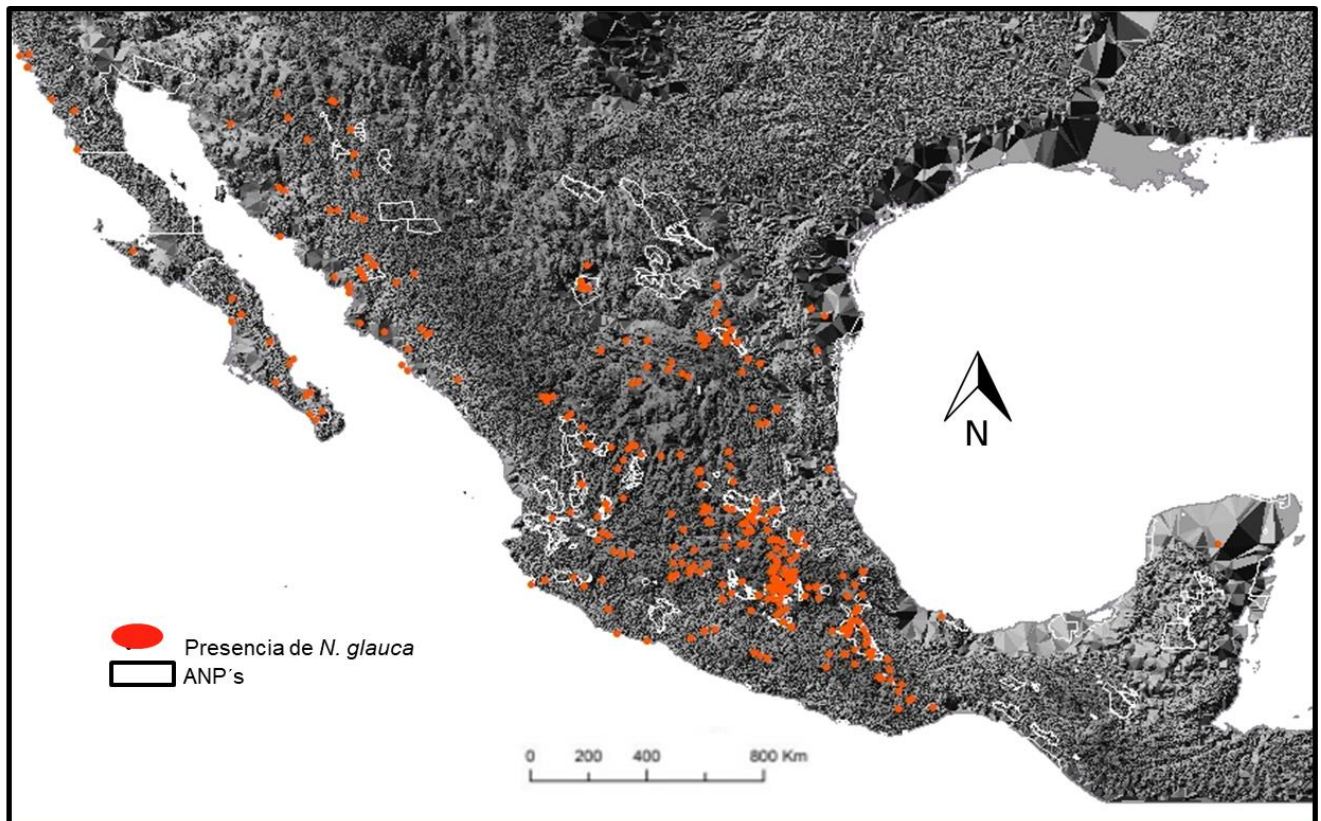
La distribución actual de *N. glauca* en México está representada en la figura 1, donde podemos observar la distribución potencial basado en el concepto de nicho ecológico, que está estadísticamente relacionado con su ocurrencia haciendo referencia a los lugares donde se localizan todas o la mayoría de las variables ambientales evaluadas.



**Figura 1. Distribución actual y potencial de *Nicotiana glauca* en México.**

### ***Distribución en ANP's***

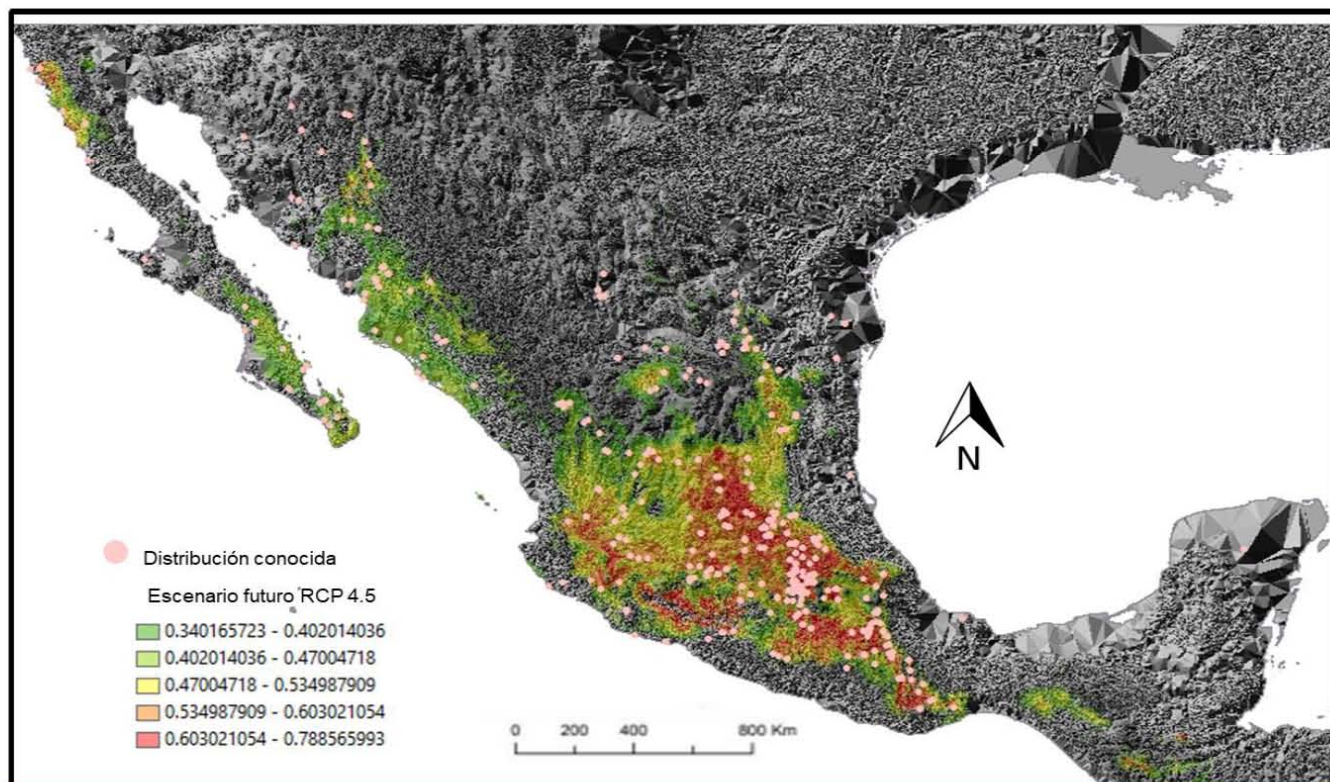
La figura 2 muestra la distribución de *Nicotiana glauca* en las Áreas Naturales Protegidas de México, de 422 registros, 83 se encuentran dentro de 25 ANP's.



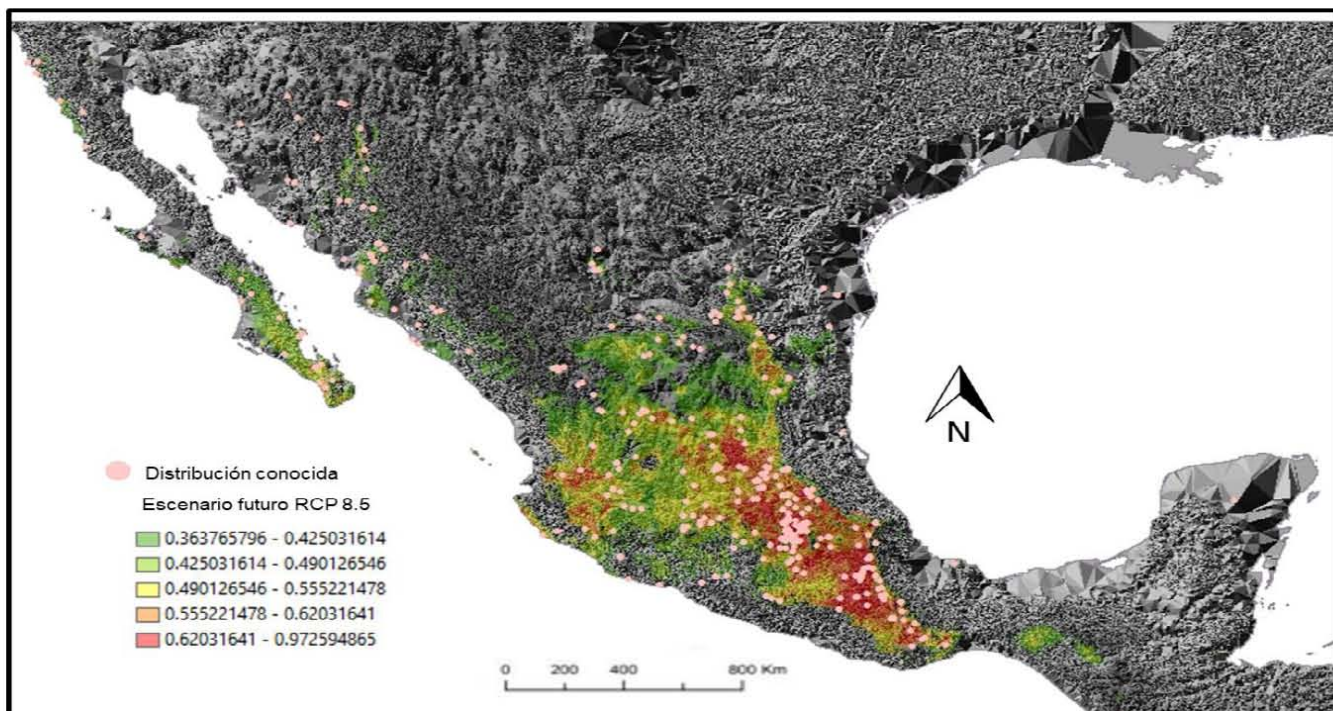
**Figura 2. Distribución de *Nicotiana glauca* en ANP's de México.**

### ***Efecto del cambio climático***

Con el fin de entender las causas de invasión de especies y proyectar la distribución potencial que podría presentar *Nicotiana glauca* debido a las condiciones climáticas futuras, basadas en el Modelo de Circulación CNRM – CM3 (Francia) y los escenarios de estabilización RCP4.5 (Figura 3) y el de muy alto nivel de emisiones RCP8.5 (Figura 4).



**Figura 3** Distribución potencial de *Nicotiana glauca* en escenario RCP 4.5.



**Figura 4** Distribución potencial de *Nicotiana glauca* en escenario RCP 8.5.

El área en kilómetros cuadrados que ocupa *N. glauca* actualmente son 753,187 km<sup>2</sup>, mientras que en los escenarios futuros 456,947 km<sup>2</sup> para RCP 4.5 y 197,831 km<sup>2</sup> para RCP 8.5, los cuales muestran una tendencia a disminuir la superficie a ocupar, es decir que el cambio climático si podrá afectar de manera negativa su cobertura (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Superficie en km<sup>2</sup> que ocupa *Nicotiana glauca*

<b>Clase</b>	<b>Distribución actual</b>		<b>Escenarios futuros en México</b>	
	<i>Sudamérica</i>	<i>México</i>	<i>RCP 4.5</i>	<i>RCP 8.5</i>
<b>6</b>	218,691	293,753	229,374	169,400
<b>7</b>	182,273	298,951	162,316	28,269
<b>8</b>	146,993	140,265	62,553	91
<b>9</b>	36,487	20,218	2,704	71
<b>TOTAL:</b>	<b>584,444</b>	<b>753,187</b>	<b>456,947</b>	<b>197,831</b>

Es importante recalcar que debido a la reclasificación realizada en el cuadro solo se muestran las clases 6 a 9 ya que son las que mejor representan los modelos presentados.

## DISCUSIÓN

A diferencia de las especies nativas que cohabitan y desarrollan diferentes estrategias para competir y poder mantener el equilibrio dinámico del medio natural sin la ayuda o intervención del ser humano. Las especies que se presentan fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial se le conocen como especie exótica ya que es un organismo nuevo en el ambiente, su naturalización es un requisito fundamental para la invasión y pueden convertirse en invasoras en nuevos hábitats solo cuando producen una adecuada descendencia reproductiva (Richardson *et al.*, 2000).

Los efectos negativos que pueden llegar a provocar las especies invasoras es que deterioran los recursos naturales y, en consecuencia, los servicios ambientales, afectan la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios (Pimentel *et al.*, 2005); dañan la infraestructura pública, degradan las tierras de cultivo, afectan la calidad del agua y los paisajes de valor turístico e histórico; por todo esto, sus impactos pueden significar elevados costos, tanto por el daño directo como por el gasto invertido en su control o erradicación (Pimentel *et al.*, 2000; 2001; 2005).

*Nicotiana glauca* es una especie muy particular y exitosa fuera de su área de distribución natural, que a pesar de su sistema de polinización especializado (Curt y Fernández, 1990), ha logrado establecerse en casi todas las regiones climáticas, junto a las carreteras, a lo largo de las riberas y hasta una altura de 3,000 msnm (Goodspeed, 1954; Cronk y Fuller, 2001) desarrollando diferentes



estrategias clave como la reproducción asexual por la falta de polinizadores y la presencia de secuestradores de néctar (Ollerton *et al.*, 2012).

Esto ocurre, al introducir a un organismo a un medio ambiente nuevo, las "medidas naturales de control" desaparecen. No todas las especies exóticas o no nativas que entran a un nuevo ecosistema se convierten en invasoras, de hecho la mayoría no sobrevive. El que un organismo se convierta en invasor tiene que ver con las características intrínsecas de la especie, de las particularidades de la introducción, las rutas de invasión, el tipo y el estado en el que se encuentra el ecosistema al que se está introduciendo (Williamson, 1996).

Un caso específico es la introducción de especies en las Áreas Naturales Protegidas, ya que como menciona la CONANP son ambientes que no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas, sin embargo, la introducción de especies invasoras constituye una de las principales amenazas para su diversidad, siendo estas particularmente vulnerables a la llegada y establecimiento de ese tipo de especies (CONABIO, 2009). La distribución de *N. glauca* con 83 registros, los cuales nos muestran en primera instancia que son pocos, sin embargo está presente en 25 de un total de 176 áreas protegidas.

Actualmente se intenta reconstruir las dimensiones ambientales en modelos de nicho ecológico, usando una variedad de métodos de inferencia para predecir la distribución geográfica de las especies, anticipar las distribuciones desconocidas, estimar su potencial invasor (Guisan *et al.*, 2006), y/o los efectos del cambio climático sobre la idoneidad del hábitat o para estimar la capacidad de

las especies para invadir, u observar su comportamiento (Araújo y Pearson 2005; Peterson *et al.*, 2007).

El modelado de nicho ecológico de *N. glauca* se llevó a cabo aplicando dicho concepto como característica importante, ya que se usó para conocer su potencial al invadir nuevos hábitats, así como las predicciones en respuesta al cambio climático (Fielding y Haworth, 1995). Respecto a las nuevas áreas, se modeló transfiriendo las condiciones ambientales de Sudamérica a México, el lugar que ha invadido y viceversa.

La transferibilidad depende críticamente de la suposición de que las variables ambientales relevantes en un paisaje o de un período de tiempo serán relevantes en otro. Dichos modelos están basados en variables fácilmente medibles, que son menos relacionadas directamente con la biología de las poblaciones de la especie en cuestión y así las variables ambientales se convierten en una pieza clave (Morin y Lechowicz, 2008).

Por otro lado las predicciones en respuesta al cambio climático hasta el momento han tenido poca consideración, sin embargo hay supuestos que afirman que algunas especies exóticas podrán volverse capaces de sobrevivir y colonizar zonas donde actualmente no se encuentran presentes, esto debido a las limitaciones impuestas por el clima, afectando a la dinámica de las comunidades nativas limitando o beneficiando a ciertas especies y alterando las relaciones interespecíficas a todos los niveles.

Un caso contrario es el de *Nicotiana glauca*, donde los modelos de escenarios climáticos propuestos muestran que tiene una fuerza selectiva con

tendencia a disminuir su cobertura en el territorio mexicano drásticamente, de 753,187 Km<sup>2</sup> con los que potencialmente cuenta, reduce a 456,947 Km<sup>2</sup> y 197,831 Km<sup>2</sup> en los escenarios RCP 4.5 y 8.5, respectivamente.

Al mismo tiempo que reduce su área, se va concentrando al centro y sureste del México, lo cual podría atribuirse de manera inicial a que los ambientes que en la actualidad parecen ser idóneos para esta especie sufrirán cambios drásticos, perdiéndose las condiciones propicias para que esta especie continúe invadiendo más áreas del país. Sumado a lo anterior están sus características biológicas en relación a la plasticidad fenotípica, ya que como refieren Nattero *et al.*, 2011, que la altitud y algunos de los factores ambientales están fuertemente relacionados con la diferencia fenotípica de la flor, la dispersión del polen por colibríes y la dispersión de semillas por gravedad, lo que traería como consecuencia que cada vez sea más su reproducción por autofecundación, dejando de lado la recombinación genética por medio de la polinización.

## CONCLUSIONES

La base de datos de registros de *Nicotiana glauca* en México y Sudamérica compilando 1,596 registros georreferenciados, con 1,496 y 100 respectivamente contando con una amplia distribución en México.

La distribución de *Nicotiana glauca* en relación a las Áreas Naturales Protegidas en México está presente en 25 de ellas con un total de 83 registros.

El cambio climático como ocurriría en México podría ser devastador para las poblaciones de *Nicotiana glauca*, con una tendencia a disminuir su cobertura de 753,187 Km<sup>2</sup> con los que potencialmente cuenta a 456,947 Km<sup>2</sup> y en RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

El efecto del cambio climático muestra que gran parte de las áreas con mayor idoneidad se perderán en por efecto del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Anderson RP, Gómez-Laverde M y Peterson AT. 2002. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: Insights from predictive models. *Global Ecology and Biogeography* 11: 131-141
- Araújo, M. y Pearson R. 2005. Equilibrium of species' distributions with climate. *Ecography* 28:693-695- p.
- Ballesteros – Barrera, C. 2011. Efecto del cambio climático en la distribución de especies del Desierto Chihuahuense del pleistoceno al siglo XXI. In: Sánchez.Rojas, G., C. Ballesteros-Barrera y N. P. Pavón. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 89-99.
- Beniston, M. 1994. *Mountain environments in changing climates*. Routledge, New York. 461 p.
- Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. 2007. “Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 7, p. 100-119, ISSN: 1578-5157p.
- Booth T.H., Nix H.A. y Hutchinson M. 1987. “Grid matching: a new method for homoclimate analysis. *Agric. For. Meteorol*” 39: 241–255 p.
- Busby, J.R. 1991 “BIOCLIM – a bioclimate analysis and prediction system”, en Margules, C.R., y Austin, M.P., (Eds.), *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, pp- 64-68.

- Ciesla, W. 1995. "Cambio climático, bosques y ordenamiento forestal, una visión de conjunto". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 146 p.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia Nacional sobre especies en México: Prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONABIO 2009. "Capital natural de México, volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html>
- Cronk, Q. y Fuller, J., 2001 "Plant Invaders – the Threat to natural Ecosystems". Earthscan Publications Ltd., London and Sterling.
- Curt, M.D. y Fernandez J. 1990. "Production of *Nicotiana glauca* R.C. Graham aerial biomass in relation to irrigation regime". Biomass 23:103-115p.
- D'Antonio, C. M. 1990. Invasion of Coastal Plant Communities by the Introduced Succulent, *Carpobrotus edulis* (Aizoaceae), Ph.D. dissertation, University of California, Santa Barbara.
- Dawson, B. y Spannagle M. 2009. "The complete guide to climate change". Routledge, New York. 436 p.
- ESRI. 2000. ArcView 3.2. ESRI, Redlands, California. Environmental Systems Research Institute.

- Ferrier, S. 2002 “Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?” *Systematic Biology*, 51, pp. 331-363.
- Fielding, A.H. y Haworth P.F. 1995. Testing the generality of bird-habitat models. *Conservation Biology* 9: 1466–1481.
- Gallien, L., Münkemüller, T., Albert, C.H., Boulangéat, I. y Thuiller W. 2010. “Predicting potential distributions of invasive species: where to go from here?” *Diversity and Distributions* 16: 331–342.
- Gavilán, R. 2008. “La vegetación de alta montaña”. *In Avances en biogeografía*, M. Redondo, M. Palacios, F. López, T. Santamaría y D. Sánchez (eds.). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia, Madrid. p. 165-174.
- GISP. 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras. Disponible en <http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/SAmericanInvaded-ES.pdf>.
- Goodspeed, T.H. 1954. The genus *Nicotiana*. *Chronica Botanica Company*, Waltham, Massachusetts. 445 p.
- Gray, P. 2005. “Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: Some examples”. *The Forestry Chronicle* 81:655-661.
- Guisan A y THUILLER W. 2005 Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Guisan, A., Broennimann, O., Engler, R., Vust, G., Yoccoz, N., Lehmann, A., y Zimmermann, N. 2006. “Using niche-based models to improve the sampling of rare species”. *Conservation Biology* 20:501-511.

- Guisan. A y Zimmermann NE. 2000 Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hardy, J. 2003. "Climate change causes, effects and solutions". Willey, New York. 247 p.
- Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master, y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- Hughes, L. 2000. "Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent?" *Trends in Ecology and Evolution* 15:56-61.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415-457.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. "Cambio Climático 2001: la base científica. Contribución del grupo de trabajo I al tercer informe de evaluación del IPCC", J. Houghton, Y. Ding, D. Griggs, M. Noguer, J. van del Linden y D. Xiaosu (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, New York. 93 p.
- IPCC 2014. "Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas. En, Cambio Climático" consultado en: [escenarios.inecc.gob.mx](http://escenarios.inecc.gob.mx), el 26 de Noviembre de 2015.
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I. II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Equipo de



redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)). IPCC.

- Mack, M., y C. M. D'Antonio. 1998. Impacts of biological invasions on disturbance regimes. *Trends in Ecology and Evolution* 13:195-198.
- Morin, X. y Lechowicz M. 2008. "Contemporary perspectives on the niche that can improve models of species range shifts under climate change". *Biology Letters* 4:573-576.
- Nattero, J., Sérsic, A. y Cocucci, A. 2011 "Geographic variation of floral traits in *Nicotiana glauca*: Relationships with biotic and abiotic factors". *Acta Oecologica* 37: 507-511.
- Ollerton, J., Watts, S., Connerty, S., Lock, J., Parker, L., Wilson, I., Schueller, S., Nattero, J., Cocucci, A., Izhaki, I., Geerts, S., Pauw, A y J. Stout. 2012. "Pollination ecology of the invasive tree tobacco *Nicotiana glauca*: comparisons across native and non-native ranges". *Journal of pollination Ecology* 9(12): 85-95.
- Parmesan, C. 2006. "Ecological and evolutionary response to recent climatic change". *Annual Review of Ecology and Systematics* 37:637-669.
- Peters, R. 1990. "Effects of global warming of forest". *Forest Ecology and Management* 35:13-33.
- Peterson, A. T., Papeş M., y Eaton M. 2007. "Transferability and model evaluation in ecológica niche modeling: A comparison of GARP and Maxent". *Ecography* 30:550-560

- Peterson, A. T., Tian H., Martínez-Meyer E., Soberón J. y Sánchez-Cordero V. 2005. "Modeling ecosystems shifts and individual species distribution shifts". *In* Climate change and biodiversity, T. Lovejoy y L. Hannah (eds.). Yale University Press, Connecticut. 211-228.
- Phillips S., Anderson R. y Schapire R. 2006. "Maximum entropy modeling of species geographic distributions". *Ecological Modelling* 190: 230-259.
- Pimentel, D., Lach L., Zúñiga R. y Morrison D. 2000. "Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States". *Bioscience* 50 (1): 53-65.
- Pimentel, D., McNair S., Janecka J., 2001. "Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84: 1-20.
- Pimentel, D., Zúñiga R. y Morrison D. 2005. "Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States". *Ecological Economics* 52:273-288.
- Richardson, D., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M., Panetta, F. y West, C. 2000. "Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions". *Diversity and distributions* 6: 93–107.
- Root, T. MacMynowski, M. Mastrandrea y Schneider S. 2005. "Human-modified temperatures induce species changes: Joint attribution". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102:7465-7469.
- Segurado, P. y Araújo MB. 2004 An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* 31: 1555-1568.

- Smith, J. 1997. "Setting priorities for adapting to climate change". *Global Environmental Change* 7:251-264.
- Stockwell, D. y Peters, D. 1999 "The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction", *International Journal of Geographic Information Systems*, 13, pp. 143-158
- Thomas, C., Cameron, A. Green R. E., Bakkenes M., y Beaumont J. 2004." Extinction risk from climate change". *Nature* 427:145-149.
- Vitousek, P., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., y Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84, 468-478.
- Walther, G. Post, P. Convey. Menzel A., Parmesan C., Beebee T., Fromentin J. y Bairlein F. 2002. "Ecological responses to recent climate change". *Nature* 416:389-395.
- Walther, G., Beibner S. y Burga A. 2005. "Trends in the upward shift of alpine plants". *Journal of Vegetation Science* 16:541-548.
- Williamson, M. 1996. *Biological Invasions*. London: Chapman & Hall.
- Zaniwski AE, Lehmann A., y OVERTON JM. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: A case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling* 157: 261-280.

