



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y EFECTOS DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO SOBRE *Sonchus oleraceus***

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**BIÓLOGA**

P R E S E N T A

**AZUCENA PÉREZ STREMPER**

**DIRECTOR DE TESIS: OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS**

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2017





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México por la experiencias y oportunidades que me otorgó al poder pertenecer en esta grandiosa Institución. A la Carrera de Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por darme los conocimientos necesarios para terminar mi formación profesional. A mis profesores de toda la licenciatura, en especial a Carmen Álvarez, por ser una excelente profesora.**

**Al Programa de Apoyo de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por haberme otorgado la beca, con el proyecto: IN222515, la cual fue de gran ayuda, ya que fue un apoyo importante para concluir la licenciatura.**

**A los miembros del Comité Tutorial, quienes revisaron la presente tesis de licenciatura: Dr. Raymundo Montoya Ayala, M. en C. Mayra Mónica Hernández Moreno, Dra. Verónica Farías González, Dr. Rafael Lira Saade y M. C. Humberto Macías Cuellar.**

**Al Dr. Oswaldo Téllez Valdés, por haberme aceptado para formar parte de su equipo de trabajo, como tesista y por brindarme su enorme apoyo para la elaboración de ésta tesis.**

## DEDICATORIAS

A mi hija Danae, porque eres la luz de mi vida, lo que me anima a seguir adelante. No hay día que no agradezca que hayas llegado a mi vida. TE AMO. Gracias por iluminarme con la paz de tu sonrisa, por detenerme en mí alocada carrera, ¡por enseñarme a disfrutar la vida!

A Rogelio Domínguez, por ser una magnífica persona conmigo. Por existir y por estar siempre en mi vida. Por los buenos ratos, pero sobre todo por tu presencia. Gracias por soportarme todo este tiempo que hemos estado juntos, sin ti mi vida sería una total aburrición, tú siempre me haces sonreír y me has enseñado demasiadas cosas.  
Te amo.

A mi padre Horacio Pérez, sabes que eres mi persona favorita, sin ti mi vida no sería nada, gracias por brindarme todo tu amor, tu apoyo, tu comprensión y tu educación. Estoy orgullosa de ser como soy y eso te lo debo a ti. TE AMO PAPÁ. Siento que soy afortunada pues a pesar de nuestros malos entendidos y discusiones, nada que no tuviera solución, tengo un padre que vale más que cualquier tesoro en el mundo.

A mis padres Concepción Strempler y Antonio Pérez, gracias por apoyarme en todo, ustedes son unas grandiosas personas, su apoyo y sus cuidados me sirvieron de mucho, sin ustedes mi vida hubiera sido otra. Soy muy afortunada en tenerlos en mi vida y contar con su comprensión y sobre todo su amor. Lo amo muchísimo.

A mi amiga de la carrera, por haber compartido muchos momentos y aventuras muy bonitas. Elizabeth, tú fuiste mi primer amigueta de la carrera, más que ser mi amiga eres mi hermana, contigo aprendí muchas cosas y creo que nos la pasamos genial, espero nunca dejemos que se pierda esta grandiosa amistad.

Andrea, Miriam, son unas personas maravillosas nunca las voy a olvidar, con ustedes pase muchos momentos bien geniales, más que amigas somos hermanas. Son y serán siempre mis mejores amigas del mundo. Las extraño muchísimo.

Elisa eres la persona más grandiosa, gracias por ser mi hermana, me encanto haber hecho muchas locuras contigo, esos tiempos de cch nunca los voy a olvidar. Jael, a pesar de que te conocí hasta el final, eres una persona muy alocada, tu presencia y tu amistad me sirvió de mucho, me alegraste los momentos en que estuvimos juntas, y gracias por tu ayuda con este proyecto, en verdad me fue muy útil.

**“La vida es una obra de teatro  
que no permite ensayos.**

**Por eso canta, ríe, baila, llora  
y vive intensamente cada  
momento de tu vida...**

**Antes que el telón baje y la  
obra termine sin aplausos.**

**- Charles Chaplin**



**“A MENOS QUE alguien como tú se  
interese de verdad, nada va a  
mejorar JAMÁS”**

**-Dr. Seuss**



# ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. <i>Especies invasoras</i>	3
1.2. <i>Estudio de la flora exótica en México</i>	5
1.3. <i>Importancia del uso de modelos de distribución de especies</i>	6
1.4. <i>Modelado de nicho ecológico</i>	6
1.5. <i>Cambio Climático</i>	8
1.6. <i>Cambio climático y especies invasoras</i>	9
ANTECEDENTES	13
II. OBJETIVOS	16
2.1. <i>Objetivo general</i>	16
2.2. <i>Objetivos particulares</i>	16
III. METODOLOGÍA	16
3.1. <i>Estructuración de la Base de Datos</i>	16
<u>Modelado de Nicho ecológico</u>	17
3.2. <i>Modelado de Distribución Real y Distribución Potencial</i>	17
3.3. <i>Modelado de Cambio Climático</i>	19
3.4. <i>Modelo de Cambio climático sobre Sonchus oleraceus en relación a las Áreas Naturales Protegidas</i>	19
IV. RESULTADOS	20
4.1. <i>Base de Datos</i>	20
<u>Modelado de Nicho ecológico</u>	20
▪ <i>Evaluación del modelo</i>	20
▪ <i>Variables bioclimáticas relacionadas a la presencia de Sonchus oleraceus</i>	20
4.2. <i>Distribución Real de México y de Europa (zona de origen)</i>	23
4.3. <i>Distribución Potencial y aplicación del modelo de Cambio Climático</i>	27
4.4. <i>Efectos del Cambio Climático sobre Sonchus oleraceus en relación a las Áreas Naturales Protegidas como medida del papel de éstas en la conservación</i>	34
V. DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXO	62

## RESUMEN

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (actualmente Unión Mundial para la Naturaleza), una especie invasora es aquella especie exótica o traslocada que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, y que tiene la capacidad de colonizar, invadir y persistir, y su introducción y dispersión amenazan la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana.

Las invasiones biológicas son consideradas como la segunda causa más importante en la extinción de especies nativas. Se calcula que entre 1 y 5% de las especies de plantas introducidas en distintos ecosistemas del mundo, pueden causar, daños al ambiente, a la economía o a la salud humana. Probablemente el cambio climático aumente el índice de nuevas invasiones en América del Norte y además fomente la propagación de las especies invasoras ya establecidas. Los cambios de temperatura pueden perjudicar a las especies nativas, disminuyendo la resistencia de las comunidades naturales a las invasiones. Predecir el impacto del cambio climático sobre las plantas exóticas, dependerá de los rasgos biológicos propios de cada especie que determinan sus respuestas a estímulos diferentes (por ejemplo, concentraciones de nitrógeno y de CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad, etc.), de la susceptibilidad a la invasión del ecosistema receptor, y de la vulnerabilidad de las especies nativas debida al cambio climático. Dentro de la familia Asteraceae se encuentra *Sonchus oleraceus* conocida comúnmente como cerraja, es una especie de planta con flor herbácea, es anual o bianual, invasora y se comporta como maleza, originaria de Europa, Asia, y África del Norte. Es muy común en México, también se encuentra en parcelas de cultivo.

*Sonchus oleraceus* es catalogada como una especie invasiva, que puede provocar el desplazamiento o la extinción de especies nativas, el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el efecto del cambio climático en la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*; mediante el uso de modelos de nicho ecológico que permitan identificar su distribución potencial para el presente y para escenarios de cambio climático en los años a) 2050, b) 2080. Así

mismo, evaluar los efectos del cambio climático en relación a las áreas naturales protegidas como medida de conservación en la biodiversidad de México.

La base de datos contó con un total de 551 registros en México y 52, 384 registros en Europa (zona de origen), una vez mapeada la distribución real, se observó que el mayor número de registros coincidentes con alguna Áreas Natural Protegida, se encuentran en la *Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán*, seguida de *La Sierra Gorda*, *Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit* y *Mapimí*, mientras que la mayoría de las demás Áreas Naturales Protegidas cuentan de entre 1-3 registros. Los resultados de la distribución potencial muestran una tendencia en general variable, ya sea a expandir y sobre todo a contraer el área que abarca *Sonchus oleraceus*. El efecto del cambio climático de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas; en la mayoría presenta una contracción de su distribución, inclusive en algunos casos de hasta el 80 – 90%, mientras que en otras sólo el 5- 10%. En general se puede referir que ocurre desde una expansión, una contracción e incluso desaparece localmente por completo.

Los resultados nos permiten concluir que debido al bajo grado de invasión de *Sonchus oleraceus*, no habrá un efecto nocivo hacia especies nativas.

**Palabras clave:** Áreas Naturales Protegidas, Cambio Climático, Conservación, Distribución potencial, Especie exótica.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Especies invasoras

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (actualmente Unión Mundial para la Naturaleza), una especie invasora es aquella especie exótica o traslocada que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, y que tiene la capacidad de colonizar, invadir y persistir, y su introducción y dispersión amenazan la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana. Las especies invasoras son introducidas por el hombre de manera intencional o accidental en nuevas áreas geográficas. En cada invasión pueden reconocerse tres fases: introducción, establecimiento y expansión. Luego de que se establecen, tienen el potencial de proliferar y diseminarse en detrimento de los intereses humanos, los ecosistemas y su biodiversidad (Aguirre *et al.*, 2009). Es necesario indicar que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (translocación) o incluso en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Comité Asesor Nacional sobre especies Invasoras, 2010). Las vías de introducción de las especies invasoras son múltiples y variadas, debido, entre otros factores, a la deficiencia en la vigilancia de los sistemas fronterizos y la falta de medidas de prevención y control en estos. La globalización y el incremento en la eficacia del transporte terrestre, aéreo y acuático, han propiciado la entrada masiva, intencional o accidental, de especies no nativas a los ecosistemas. No se pueden soslayar las vías de dispersión natural, como el caso de los ríos, cuyo movimiento entre cuencas es libre, o las corrientes marinas que facilitan el movimiento sin control de miles de especies, y la vía aérea para el caso de las aves (Aguirre *et al.*, 2009).

En México esta definición se aplica oficialmente para el concepto de especie introducida o exótica (DOF, 2000). En cuanto al término “especie invasora”, la Semarnat (2002) la define como “aquella que alcanza un tamaño poblacional

capaz de desplazar o eliminar a otras especies dentro de un hábitat o ecosistema, alterando la estructura, composición y funcionalidad de este. Las especies invasoras pueden ser exóticas o nativas”.

Aunque no todas las introducciones resultan viables, el número actual de especies introducidas y establecidas, sobrepasa por mucho la tasa natural de invasión, entendida como la migración de nuevas especies a las comunidades locales (Miller *et al.*, 2002). Las invasiones biológicas son consideradas como la segunda causa más importante en la extinción de especies nativas (Vitousek *et al.*, 1997). Se calcula que entre 1 y 5% de las especies de plantas introducidas en distintos ecosistemas del mundo, pueden causar, daños al ambiente, a la economía o a la salud humana (CDB, 2009; GISP, 2005); ya que se han establecido en un ecosistema fuera de su área de distribución natural y cuyas características les confieren la capacidad de superar barreras ambientales, colonizar, establecerse, y seguir causando daños al ambiente, además, tienen un elevado potencial para afectar negativamente una serie de acciones de restauración ecológica, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Chornesky *et al.*, 2005). A manera de círculos viciosos, probablemente relacionados con sequías inusuales, muchas especies invasoras adaptadas al fuego contribuyen a promover regímenes anómalos de fuego e incendios catastróficos que, a su vez, afectan a la biodiversidad (Hiremath & Sundaram, 2005). Hoy en día, las especies invasoras están consideradas como uno de los principales agentes de cambio ambiental en el planeta (Sala *et al.*, 2000), porque causan rápido remplazo local y erradicación de especies nativas (Drake *et al.*, 1989; Callaway *et al.*, 1999), además implican pérdidas económicas y problemas sanitarios severos (Holm *et al.*, 1977a; 1997b) volviéndose una amenaza directa para el humano. Estas especies, pueden causar daños a los ecosistemas, provocando alteración en la estructura de los niveles tróficos, modificación del hábitat (ej. Luz, agua), alteración de los ciclos biogeoquímicos, Desecación de cuerpos de agua y modificación de caudales, erosión del suelo, regímenes anómalos de fuego, y contaminación genética (hibridación) teniendo como resultado la pérdida directa de la biodiversidad actuando como

competidores, depredadores, parásitos o patógenos de las especies nativas, condicionando su supervivencia (Goldburg y Triplett, 1997). Además provoca pérdida en la producción alimentaria, principalmente en la agricultura, ganadería, pesca, así como afectaciones a recursos forestales, Afectaciones a la salud humana, afectaciones a la infraestructura pública y privada y afectaciones del valor paisajístico de sitios de recreación y turísticos. Así, la estrategia de muchos países para enfrentar a las plantas introducidas se divide en acciones de prevención de entrada de especies potencialmente nocivas, la detección y erradicación temprana de dichas especies (Westbrooks, 1998).

## **1.2. Estudios de la flora exótica en México**

Los estudios que se refieren a la distribución de malezas introducidas exóticas y sus implicaciones en México son escasos (p. ej. Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1990), y no se sabe con certeza cuántas especies exóticas se han establecido en México y dónde se distribuyen. Los estudios sobre malezas consideradas especies invasoras en México, se han enfocado básicamente a aquellas que causan daños económicos a las actividades agrícolas y pecuarias, y han quedado prácticamente ignoradas las que pueden afectar a la biodiversidad terrestre, marina o dulceacuícola, que más bien se tratan aspectos florísticos, por ejemplo: Flora fanerogámica del Valle de México (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1979, 1985, 1990); Manual de malezas del Valle de México (Espinosa y Sarukhán, 1997); Catálogo de malezas de México (Villaseñor y Espinosa-García, 1998) entre otros estudios que nos dan una idea del porcentaje de flora introducida en nuestro país. En México, no se sabe cómo llegaron las distintas especies y cómo se dispersaron por el territorio. El origen de esta flora es muy diverso. Sin embargo, la mayor parte (80%) proviene de África, Asia y Europa, lo cual se relaciona con los siglos de colonización y dominación española. En segundo lugar está Sudamérica, con cerca del 10% de las especies, y existe un grupo de plantas de las que no se tiene idea de dónde provienen (Aguirre *et al.*, 2009).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), considera la introducción de especies exóticas invasoras como una de las mayores amenazas que enfrentan los ecosistemas y las especies nativas. Por lo que ha coordinado esfuerzos para conocer la identidad y distribución de las especies invasoras que afectan a la salud humana (Secretaría de Salud) o a las actividades agropecuarias (SAGARPA). Por ello estableció el Programa de Especies Invasoras, el cual ha ido creciendo en importancia. Con un enfoque estratégico y orientado al conocimiento para la toma de decisiones. En los últimos años se ha buscado determinar las prioridades nacionales en materia de especies invasoras (CONABIO *et al.*, 2006).

### ***1.3. Importancia del uso de modelos de distribución de especies***

Debido al impacto potencial de las especies invasoras sobre la estructura de las comunidades biológicas y al funcionamiento de los ecosistemas, es necesario conocer su distribución para implementar acciones de manejo y control. Una manera para conocer a las especies invasoras es determinar su distribución potencial. Los modelos de distribución de especies tienen como objeto predecir áreas que describan las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia de las especies; es decir, la distribución potencial o nicho fundamental (Anderson *et al.*, 2003; Guisan & Thuiller, 2005), estos métodos combinan datos de localidades georreferenciadas de las especies donde ha sido confirmada su presencia, con variables ambientales, para crear un modelo de requerimientos de la especie de acuerdo a las variables examinadas (Anderson *et al.*, 2003). El modelo resultante es proyectado sobre un mapa de la región de estudio que muestra la distribución potencial de las especies estudiadas. Estos mapas sirven para detectar áreas donde las especies invasoras pueden estar presentes y donde posiblemente estarán en el futuro.

#### 1.4. Modelado de nicho ecológico

El concepto de nicho ecológico es la base central de la delimitación de la distribución geográfica de las especies, al describir cómo los organismos en diferentes niveles de organización interactúan con su medio ambiente a distintas escalas espacio-temporales (Chase & Leibold, 2003; Leibold & Geddes, 2005). Aunque se han propuesto muchas definiciones de los nichos, la definición propuesta por Hutchinson (1957) es particularmente útil y generalizada: “*Nicho es el conjunto de condiciones bióticas y abióticas en la que una especie es capaz de resistir y mantener estables los tamaños de población*”. Este concepto se refiere a los límites de tolerancia de las especies, y todas aquellas condiciones abióticas, así como a las de sus especies interactuantes, por lo tanto el nicho de una especie determina su distribución y abundancia (Ballesteros-Barrera, 2011).

Con el propósito de conocer la distribución de las especies, se han desarrollado varios algoritmos predictivos como: Bioclim (Nix, 1986), GARP (Stockwell & Peters, 1999) y MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006), que ayudan a estimar la distribución de una especie en lugares donde no se tienen registros, usando un conjunto de datos georreferenciados de la especie en función de parámetros obtenidos en colectas previas (Nix, 1986; Carpenter *et al.*, 1993; Chapman & Busby, 1994; Butterfield *et al.*, 1994; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2003). La mayoría de los modelos que predicen la presencia probable de una especie, correlacionan los sitios ya conocidos para éstas, con un conjunto de factores ambientales, especialmente climáticos (Chapman & Busby, 1994), debido a que el clima es un factor muy importante que afecta o determina la distribución de los organismos, por eso el análisis de las variables climáticas ayudan a entender que una especie crezca en determinado sitio y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1991).

Los modelos de distribución potencial de especies se han utilizado para el análisis biogeográfico, ecológico y de conservación (Anderson *et al.*, 2003; Téllez Valdés & Dávila-Aranda, 2003), también ayudan a planificar o diseñar un mejor sistema dentro de las áreas naturales protegidas (Lindenmayer *et al.*, 1991;

Peterson *et al.*, 2000). Recientemente se ha podido evaluar el impacto del cambio climático sobre la distribución de las especies, ya que es posible que el calentamiento global afecte negativamente la biodiversidad y su distribución, especialmente aquellas especies que están restringidas geográficamente o que tienen alta especificidad de hábitat (Midgley *et al.*, 2002).

### 1.5. Cambio Climático

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2002) define al cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC, 2002). Desde el punto de vista de la biodiversidad se ha documentado que el cambio climático afecta directa e indirectamente a individuos, poblaciones y especies, así como a los ecosistemas en su composición y función (Parmesan, 2006; IPCC, 2007; Janetos *et al.*, 2008). Este cambio puede generar pérdida del hábitat, de componentes del ecosistema y de interacciones intra- e interespecífica, así como aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de la migración de los organismos, en el tamaño y distribución de las poblaciones, entre otros aspectos (Peterson *et al.*, 2002; Crick, 2004; Lemoine *et al.*, 2007; Ballesteros-Barrera, 2008; Huang & Geiger, 2008). Es decir, genera cambios dentro de la diversidad biológica tanto en su composición, estructura y función a diferentes escalas temporales y espaciales. De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la intensa transformación del humano sobre el medio natural ha incrementado la emisión de gases de efecto invernadero, aerosoles en la atmósfera y la radiación solar, provocando el incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> en un 70% por efecto de la actividad humana, provocando así el aumento en la temperatura de la Tierra, de forma particularmente notable, en los últimos 100 años (Bramwell, 2007; IPCC, 2001, 2007). El cambio climático de los últimos cincuenta años parece obedecer principalmente a la quema de combustibles fósiles, que ha provocado una mayor concentración de los llamados Gases de

Efecto Invernadero (IPPC, 2002; INE-SEMARNAT, 2006). Hay una certeza del 90% de que las actividades humanas alteran de manera directa o indirecta la composición de la atmósfera que han provocado que el clima global se vea alterado, como resultado del aumento de la concentración de gases de Efecto Invernadero (GEI), tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarbonos (CFCs) (IPCC, 2001; Monterroso *et al.*, 2007). Estos cambios en la concentración de los GEI son los que están relacionados con cambios regionales y globales en la temperatura, precipitación y otras variables climáticas, lo cual conlleva a cambios globales en la humedad del suelo, derretimiento de glaciares, incrementos en el nivel del mar y la ocurrencia más frecuente y severa de eventos extremos como huracanes, frentes fríos, inundaciones y sequías (Houghton *et al.*, 1996). El cambio climático global y sus posibles efectos en la distribución y abundancia de la biodiversidad se encuentran entre los retos más importantes de la biología de la conservación, fuentes de evidencia, predicen un aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra de 1.4 a 5.8° C en el periodo 1990-2100 (Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2008; Lira *et al.*, 2008).

### **1.6. Cambio climático y especies invasoras**

Las especies exóticas invasoras (EEI) han recibido hasta el momento poca consideración en el contexto del cambio climático, pues se ha enfatizado más en el análisis del peligro de extinción de las especies autóctonas, prestando escasa atención a aquellas que las sustituirán. Si por un lado algunas especies exóticas e invasoras podrán sucumbir bajo los efectos del cambio climático, otras podrán volverse capaces de sobrevivir y colonizar zonas donde actualmente no pueden sobrevivir debido a las limitaciones impuestas por el clima. Así mismo, especies exóticas establecidas podrán volverse invasoras si el cambio climático incrementa su capacidad competitiva o su tasa de propagación, mientras que otras ya invasoras podrán expandir su área de distribución (Capdevila *et al.*, 2011). Probablemente el cambio climático aumente el índice de nuevas invasiones en América del Norte y fomente la propagación de las especies

invasoras ya establecidas en la región. Los cambios de temperatura pueden perjudicar a las especies nativas, disminuyendo la resistencia de las comunidades naturales a las invasiones. Asimismo, el aumento de factores de perturbación, tales como los incendios (consecuencia directa del cambio climático, por ejemplo, debido a la reducción de las precipitaciones), podría beneficiar a las especies exóticas frente a las nativas (Myers *et al.*, 2004; Grigulis *et al.*, 2005). Predecir el impacto del cambio climático sobre las plantas exóticas no es nada fácil, pues dependerá de los rasgos biológicos propios de cada especie que determinan sus respuestas a estímulos diferentes (concentraciones de nitrógeno y de CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad), de la susceptibilidad a la invasión del ecosistema receptor, y de la vulnerabilidad de las especies nativas debida al cambio climático (Dukes & Mooney, 1999; Myers *et al.*, 2004; Thuiller *et al.*, 2007). Muchas especies invasoras se reproducen a gran velocidad y son sumamente oportunistas, por lo que el cambio en el uso del suelo generalmente favorece la invasión biológica.

Existen factores que benefician a las especies invasivas y que afecta a las especies nativas:

- ❖ Los cambios de temperatura pueden perjudicar a las especies nativas, disminuyendo la resistencia de las comunidades naturales a las invasiones.
- ❖ Sitios de elevada altitud que al subir la temperatura son accesibles para especies invasoras que antes estaban impedidas.
- ❖ Entorno de constante perturbación provocado por incendios anómalos, inundaciones, eventos meteorológicos extremos, etc.
- ❖ Cambio de uso de suelo: Construcción de caminos, el mantenimiento de orillas de carreteras, corredores de transmisión de electricidad, así como la tala, pueden abrir nuevas áreas a las especies invasoras y facilitar su propagación a través de la maquinaria y equipo, e incluso de los trabajadores. etc.
- ❖ Actividades agrícolas, por medio de contaminación con semillas y escapes de cultivos. Además, áreas agrícolas abandonadas pueden ser invadidas por dichas especies antes de que la sucesión natural restaure la comunidad de plantas locales.

- ❖ En ambientes urbanos y suburbanos, se introducen especies no nativas que pueden propagarse a ambientes naturales por medio de corredores de “áreas verdes”.
- ❖ Los nichos vacíos por el abatimiento de especies nativas, pueden ser rápidamente ocupado por especies invasoras. En algunos casos especies invasoras de primer arribo darán entrada a otras especies.
- ❖ Nuevas rutas de transportación o destinos turísticos.

El cambio climático podría afectar a la dinámica de las invasiones de plantas de diferentes maneras:

- Dependerán de los rasgos biológicos propios de la especie que determine sus respuestas a estímulos diferentes ([N], [CO<sub>2</sub>], °T, humedad, etc.)
- Alteración en las vías de introducción y dispersión.
- Establecimiento de especies invasoras nuevas en los ecosistemas.
- Alteración en los impactos de las especies invasoras ya existentes en un ecosistema.
- Alteración en la distribución de las especies invasoras.
- Alteración en la efectividad de las actividades de control.

El cambio climático podría afectar a las comunidades nativas limitando o beneficiando ciertas especies y alterando las relaciones interespecíficas a todos los niveles. La pérdida de especies clave o grupos funcionales de plantas podría influenciar profundamente el grado de vulnerabilidad de las comunidades nativas a las invasiones (Zavaleta & Hulvey, 2004). Además, estos cambios podrían ser muy perjudiciales pudiendo generar procesos de retroalimentación sobre los ecosistemas. En las invasiones biológicas, es evidente que tanto el cambio climático por sí mismo, como en combinación con otros factores del cambio global (cambios en el uso del suelo y los cambios bióticos) tiene un efecto potencial para desencadenar los procesos de invasión (Mooney & Hobbs, 2000; Thuiller *et al.*, 2007).

La familia Asteraceae o Compositae, constituye el grupo vegetal más diverso de plantas vasculares sobre el planeta (Bremer, 1994; Smith *et al.*, 2004); su

distribución es prácticamente cosmopolita y es una de las familias más comunes en la mayor parte de los hábitats (Rzedowski, 1972; Villaseñor, 1993). Algunas especies tienen uso ornamental, medicinal y alimenticio, muchas resultan favorecidas por efecto de la perturbación. Un buen número de ellas son conocidas por su marcado comportamiento arvense, como malezas de cultivos y jardines, o como ruderales. Dentro de esta familia se encuentra *Sonchus oleraceus* conocida comúnmente como cerraja, es una especie de planta con flor herbácea, es anual o bianual, invasora y se comporta como maleza, originaria de Europa, Asia, y África del Norte. Esta especie es una ruderal común en México, ocasionalmente se encuentra también en parcelas de cultivo. La cerraja es una hierba de tallo enpinado, con las hojas triangulares y divididas en gajos, éstos son de bordes dentados que comienzan desde la base abrazando el erecto y liso tallo. Sus flores son de color amarillo limón, y forman numerosas cabezuelas. Los frutitos son de color pardusco, dilatados hacia lo alto, comprimidos, con numerosas arrugas transversales muy finas. De esta planta casi lampiña, fluye latex cuando se lastiman sus tallos y hojas. La característica más relevante de la cerraja es su hermosa flor de color amarillo brillante, similar a su pariente cercano, el diente de león. A medida que la planta madura, las hojas se vuelven más “dentadas” en apariencia. Las hojas de Cerraja son una buena fuente de vitaminas A y C, tiamina, riboflavina, niacina, calcio, fósforo y hierro. Se le reconoce como remedio natural por sus propiedades como: Depurativo, laxante, digestivo, hipoglucémico, diurético, astringente, refrescante. Las principales partes usadas son: la raíz y las hojas; y su componente activo que es el látex obtenido de la cerraja contiene fitosterina. La cerraja es también útil como purificadora de la sangre y para el tratamiento de hemorragias. Para la cocina, las hojas tiernas resultan muy apetitosas, son comidas en ensaladas crudas y también cocidas como las espinacas, así mismo constituye un buen ingrediente para la preparación de sopas de verduras.

Las raíces, cuando tienen una cierta consistencia, oportunamente torrefactadas y molidas sirven para preparar una bebida sustituta del café. (<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/sonchus.oleraceus/fichas/ficha.htm>).

*Sonchus oleraceus* es catalogada como una especie invasiva, cuyas características les confieren la capacidad de superar barreras ambientales, colonizar, establecerse, provocando el desplazamiento o la extinción de especies nativas. Por lo que el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el efecto del cambio climático en la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*; mediante el uso de modelos de nicho ecológico que permitan identificar su distribución potencial para el presente y para escenarios de cambio climático en los años a) 2050, b) 2080, y así mismo, evaluar los efectos del cambio climático sobre *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas como medida de conservación en la biodiversidad de México.

## ANTECEDENTES

*José Luis Villaseñor y Francisco Espinoza (2000)*. Publicaron un catálogo de malezas mexicanas. Posteriormente elaboraron una lista preliminar de las plantas introducidas en México que incluye como especies introducidas a toda planta exótica reportada como silvestre al menos una vez en una localidad de México. La lista registra 618 especies que pertenecen a 355 géneros y 87 familias de plantas con flores, de las cuales más del 90 % están incluidas en el Compendio Global de Malezas, un catálogo de las malezas de todo el mundo.

Hasta 2003, los registros de Villaseñor de la flora nativa de México se acercaban a 22,968 especies de plantas con flores. Si se suman las 618 especies introducidas, puede hablarse de que la riqueza florística conocida en México es de unas 23,586 especies. Hasta la fecha solamente dos especies: *Eleusine indica* y *Sonchus oleraceus* se han registrado en los 32 estados de la república, por lo que pueden considerarse plantas invasoras o plagas.

*José Luis Villaseñor y Francisco Espinoza (1998)*. Publicaron en un catálogo de malezas de México, en donde la competencia especialmente durante el periodo de fructificación resulta ser nocivo en la cantidad y calidad de la cosecha. Se registra en ajo, alfalfa, algodón, arroz, cártamo, cebolla, chícharo, chile,

esparrago, frutales, garbanzo, haba, hortalizas, lenteja, maíz, mango, manzana, nogal, papa, sorgo, tomate.

Juan Grados y Menandro Ortiz. (2004). Llevaron a cabo un estudio sobre los áfidos (*Homoptera: Aphididae*) y sus hospederos, en el Monte Ribereño del Río Rímac, Lima, Perú. Se identificaron 31 especies de áfidos, distribuidas en 22 géneros; éstas especies fueron halladas sobre 39 diferentes plantas hospederas, cultivadas y silvestres. *Sonchus oleraceus* es hospedera de *Hyperomyzus lactucae*, vector de algunas enfermedades de la col, cultivos de cucurbitáceas y papa. También se encuentra *Uroleucon sonchi*. Reportaron a *S. oleraceus* en el Valle de Mantaro, en Tacna, en el Río Mac, desde Chosica hasta San Mateo.

Carlos Zaragoza. (1996). En su estudio de manejo de malezas en los cultivos de hortalizas, menciona que algunas especies anuales con un ciclo corto tales como *Sonchus oleraceus*, *Poa annua*, *Senecio vulgaris* y *Stellaria media* pueden crear problemas en algunos cultivos de hortalizas en ciertas etapas de la rotación de cultivos. Las comunidades de malezas pueden estar formadas por varias especies pero muchas de ellas están más adaptadas a un cultivo específico. Sin embargo, cuando los tomates son sembrados directamente son más frecuentes varias malezas tempranas tales como *Alopecurus myosuroides*, *Avena* spp., *Lolium* spp. y varias especies de Brasicáceas y Asteráceas (*Sonchus oleraceus*). Del mismo modo, las malezas frecuentes en las cebollas de siembra temprana son *Sonchus oleraceus*, *Sonchus asper*, *Capsella bursa-pastoris*, *Sinapis arvensis*, *Poa annua*, , *Polygonum aviculare*. En las cebollas trasplantadas o en los cultivos de siembra tardía también son frecuentes *Echinochloa* spp., *Portulaca oleracea*, *Solanum* spp., *Setaria* spp.

Americanos P. G. (1996). En su trabajo, *Manejo de malezas en raíces y tubérculos*, afirma que el cultivo de papa es muy sensible a la competencia de las malezas, especialmente durante sus estadios iniciales de desarrollo, por lo que se pueden reducir los rendimientos si no se controlan las malezas (Pereira, 1941; Stephens, 1962; Ingram, 1964). Neild & Proctor (1962) encontraron que las

reducciones de rendimiento provocadas por las malezas variaron entre 16 y 76%. Más recientemente Tripathi *et al.*, (1989) informaron reducciones de rendimiento de hasta un 65% comparado con parcelas testigos libres de malezas. Singh (1982) mostró que los rendimientos del tubérculo decrecían si el desyerbe se retrasaba de 25 hasta 40, 55 y 75 días después de la plantación, mientras que otras investigaciones han indicado que el período más crítico de competencia entre cultivo y malezas fue de cuatro a seis semanas después de la plantación (Thakral *et al.*, 1985). La mayoría de las especies de malezas germinan antes de la emergencia de las plantas de papa, por lo que poseen una ventaja sobre el cultivo. Especies de alto porte y de rápido crecimiento, como *Sonchus oleraceus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus retroflexus*, *Avena spp.*, *Chenopodium album*, *Chenopodium murale*, *Malva nicaeensis*, *Malva sylvestris*, *Sinapis arvensis* y, pueden asfixiar al cultivo, poniendo en riesgo los rendimientos e interfiriendo las operaciones de cosecha.

Juan Carlos Díaz & Roberto Labrada (1996). *En su estudio de manejo de malezas en cultivos industriales*, indica que el objetivo principal es el manejo de malezas y el uso reducido de herbicidas en áreas pequeñas de caña de azúcar. Muchas especies de malezas, comunes en los cultivos, se encuentra: *Sonchus oleraceas*, *Eleusine indica*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus spp.*, *Chamaecyse spp.*, *Cleome viscosa*, entre otras. En los cultivos, las malezas compiten con las plantas de caña de azúcar por agua, luz y nutrientes, las que también pueden afectar el crecimiento de la caña de azúcar a través de exudados radicales y lixiviados foliares. Los resultados demostraron que la competencia de las malezas dentro de los primeros cuatro meses después de la plantación es muy dañina para los rendimientos de caña y de azúcar (Obien & Baltazar 1978). Así, el control de malezas debe iniciarse lo antes posible después de la plantación o de la cosecha. Desde el momento de emergencia de los tallos primarios, entre 3 y 4 labores de desyerbe con intervalos entre 3 y 4 semanas como promedio, deben ser adecuadas para controlar las malezas durante el período crítico de su competencia con el cultivo (Lall 1977).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del Cambio Climático en la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*.

### 2.2. Objetivos particulares

- Estructurar una Base de Datos de registros de *Sonchus oleraceus* en México y en Europa (zona de origen).
- Modelar la distribución potencial en ambos sitios por medio del concepto de transferibilidad.
- Evaluar la distribución de *Sonchus oleraceus* con relación a las Áreas Naturales Protegidas.
- Evaluar los efectos del cambio climático de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas como medida de conservación a largo plazo en la biodiversidad de México.

## III. METODOLOGÍA

### 3.1. Estructuración de la Base de Datos

Se estructuró una base de datos georreferenciados de *Sonchus oleraceus*, proporcionada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, obtenidos de la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad ([http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib\\_esp.html](http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html)), bibliografía especializada, bases de datos en línea ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org), [www.gbif.org](http://www.gbif.org)) y colecciones biológicas, algunos de éstos datos fueron corroborados en Google Earth 7.0.3.8542.

## Modelado del Nicho Ecológico

### **3.2. Modelado de Distribución Real y Distribución Potencial**

Se representó la distribución real de *Sonchus oleraceus* en México con el programa ArcView 3.1 (ESRI, 2002) y se obtuvo el área cubierta por la especie. En un mapa se contrastó la distribución de la especie en relación con las Áreas Naturales Protegidas y se analizó si la idoneidad ambiental de la especie, expande o contrae su distribución hasta las Áreas Naturales Protegidas; para el valor de idoneidad basada en la escala logarítmica se tomó en cuenta a partir de la clase 5 a la 9; siendo que la clase 5 es el área menos idónea, mientras que la clase 9 es el área más idónea.

Se modeló la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*, éste análisis fue realizado para las condiciones climáticas actuales y en condiciones de cambio climático predicho para 2050 y para 2080, en donde se estimó la superficie que ocupa dicha especie en kilómetros cuadrados y el porcentaje de expansión o contracción de hábitat que tendría la especie ante estos dos escenarios. Para la el modelado de la distribución potencial se utilizó el programa MaxEnt 3.3.3k, cuyo algoritmo es el de Máxima Entropía, para calcular la distribución geográfica más probables para la especie (Phillips *et al.*, 2006). En la calibración de los modelos, se utilizó el 80% de los registros para entrenamiento y generación del modelo y el 20% restante como datos de prueba, se hicieron 5 réplicas por medio de bootstrap, 1500 iteraciones, sin extrapolar y sin hacer clamping para evitar extrapolaciones o acotaciones artificiales en los valores extremos de las variables ecológicas (Elith *et al.*, 2011). El modelo tiene una resolución espacial aproximada de 1 km<sup>2</sup>. Los modelos resultantes se generaron bajo el formato logístico que utiliza un intervalo de idoneidad que va de 0 a 1, en una escala logarítmica. Para interpretar la distribución modelada, los modelos se editaron en ArcView tomando en cuenta el umbral de corte cuando los valores de especificidad y sensibilidad de entrenamiento son iguales, para optimizar la distribución potencial y obtener la superficie más aproximada que se estima por la especie (Phillips *et al.*, 2006). La exactitud del modelo se evaluó con los valores

del área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) ROC (Curva operada por el Receptor). Mediante la prueba de Jackknife, se obtuvo la información de cómo las variables ambientales influyen en la presencia de la especie ya que proporciona información sobre el desempeño de cada variable en el modelo al explicar la distribución de la especie y la cantidad de información específica.

Los valores de los 19 parámetros climáticos, utilizados por MaxEnt para generar los mapas de distribución potencial actuales y futuros, estuvieron basados en las capas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables utilizadas en el modelado bioclimático (MaxEnt).	
No.	Parámetros (Unidades)
Bio01	Temperatura promedio anual (°C)
Bio02	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
Bio03	Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7)
Bio04	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)
Bio05	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
Bio06	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
Bio07	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)
Bio08	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)
Bio09	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)
Bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)
Bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
Bio12	Precipitación anual (mm)
Bio13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
Bio14	Precipitación del periodo más seco (mm)
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación en %)
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)
Bio17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido (mm)
Bio19	Precipitación del trimestre más frío (mm)

### **3.3. Modelado de Cambio Climático**

Para evaluar el efecto del cambio climático se utilizaron los modelos franceses de cambio climático Representative Concentration Pathways (CPR 4.5 y 8.5). Estos, después de ser analizados por expertos a nivel internacional, resultan ser los más robustos y confiables y aplicables a México. Estos escenarios se centran en las emisiones antropogénicas y no incluyen cambios en impulsores naturales como el forzamiento solar o volcánico. Los RCP proporcionan una descripción cuantitativa de las concentraciones de los contaminantes del cambio climático en la atmósfera, así como su forzamiento radiactivo total para 2100 (por ejemplo el RCP2,6 significa 2,6 W/m<sup>2</sup>). Se podría decir que el RCP2,6 representa un escenario de mitigación, el RCP4,5 y RCP6,0 son escenarios de estabilización y el RCP8,5 corresponde a un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo a simulaciones recientes las concentraciones de CO<sub>2</sub> al año 2100 llegarán, 538ppm (RCP4,5) y 936ppm (RCP8,5). Si a esto se le agregan las concentraciones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, las concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalente combinadas alcanzarían 630ppm y 1313ppm (IPCC, 2013). En el escenario RCP4.5, habrá un incremento en la temperatura entre 1.1 – 2.6 °C con una media de 1.8 °C y -32 % en la precipitación. Para el escenario RCP8.5, para el período 2081-2100, el IPCC reporta un rango de incremento en la temperatura entre 2.6 – 4.8 °C con una media de 3.7 °C y -36% (Clarke *et al.*, 2010).

### **3.4. Modelado de Distribución Potencial y Efectos de Cambio Climático sobre *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas**

Una vez obtenidos los modelos de distribución potencial de *Sonchus oleraceus*, mediante al programa MaxEnt 3.3.3K, se analizó la probabilidad de ocurrencia de dicha especie dentro de Áreas Naturales Protegidas de México. Este análisis fue realizado para las condiciones climáticas actuales y en condiciones de cambio climático predicho para 2050 y 2080. Se estimó la superficie que ocupa dicha especie en kilómetros cuadrados y el porcentaje de expansión o contracción de hábitat que tendría la especie dentro de las Áreas Naturales Protegidas ante estos dos escenarios.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Base de Datos

Se estructuró una base de datos para la especie *Sonchus oleraceus*, con un total de 551 registros en México; mientras que en Europa (zona de origen) fue de 52, 384 registros.

### Modelado de Nicho Ecológico

- Evaluación del modelo

Los modelos generados por MaxEnt se evaluaron a partir de los valores obtenidos para el Área bajo la curva (AUC), tanto para el modelo actual, como para los modelos de 2050 y 2080 (Cuadro 2). El valor del AUC para los datos de entrenamiento en el modelo actual, presentó un valor de 0.834; para 2050, el valor fue de 0.808; mientras que para el 2080, se encontró un valor de 0.80, es decir que los modelos mostraron un rendimiento aceptable con respecto a aquellos que son generados de manera aleatoria.

Cuadro 2. Valores del AUC para los modelos de la especie.

ESPECIE	AUC (TRAINING)			AUC (TEST)			VALOR DE CORTE		
	Actual	2050	2080	Actual	2050	2080	Actual	2050	2080
<i>S. oleraceus</i>	0.834	0.808	0.80	0.84	0.80	0.80	0.32	0.40	0.401

- Variables bioclimáticas relacionadas a la presencia de *Sonchus oleraceus*

En el Cuadro 3 se observa las variables bioclimáticas que explican en conjunto el 100% de los modelos de distribución potencial actual y de las proyecciones de la distribución potencial para los modelos 2050 y 2080.

Cuadro 3. Contribución de las variables bioclimáticas en la distribución de *Sonchus oleraceus* para el modelo actual, 2050 y 2080.

Variables Bioclimáticas															
Escenario	Bio02	Bio03	Bio04	Bio05	Bio06	Bio07	Bio08	Bio09	Bio10	Bio14	Bio15	Bio16	Bio18	Bio19	Σ
Actual		28.9	29.5	9.7	7.8				4.6		10.2		3.3	5.9	99.9
2050	2.6		18.4	13.4	9	11.8	1	2.4	29.2	1.3	1.8		4.8	4.5	100
2080	4.8	4.8	8.1	11.2	16.8	20.2			21.4	1.4	2.1	2.2	3.2	3.9	100

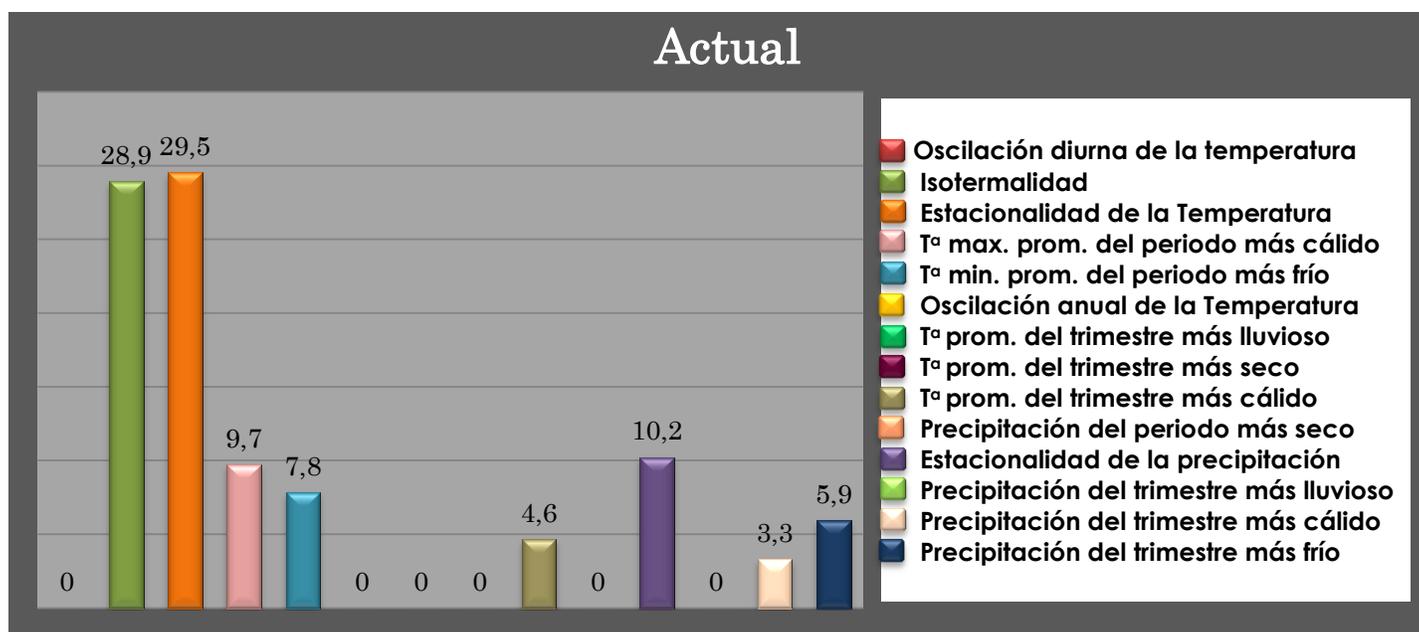


Figura 1. Variables ambientales relacionadas con la distribución potencial de *Sonchus oleraceus* en el modelo actual.

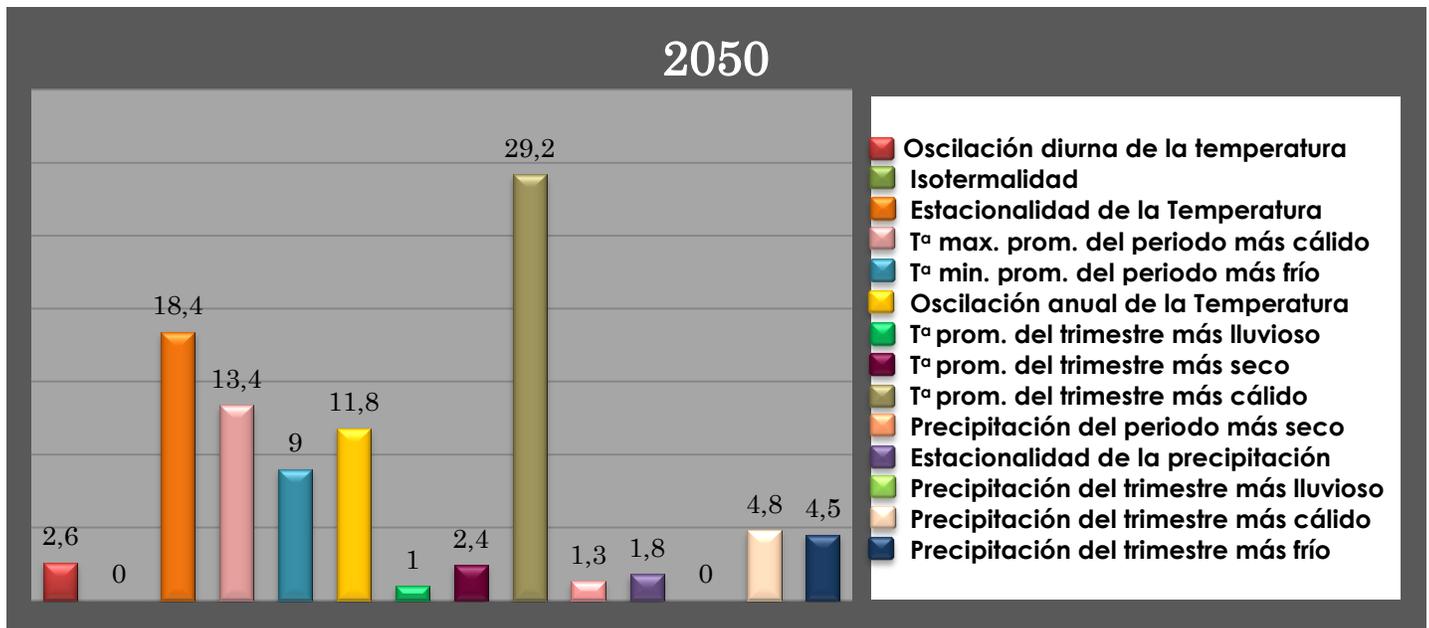


Figura 2. Variables ambientales relacionadas con la distribución potencial de *Sonchus oleraceus* para 2050.

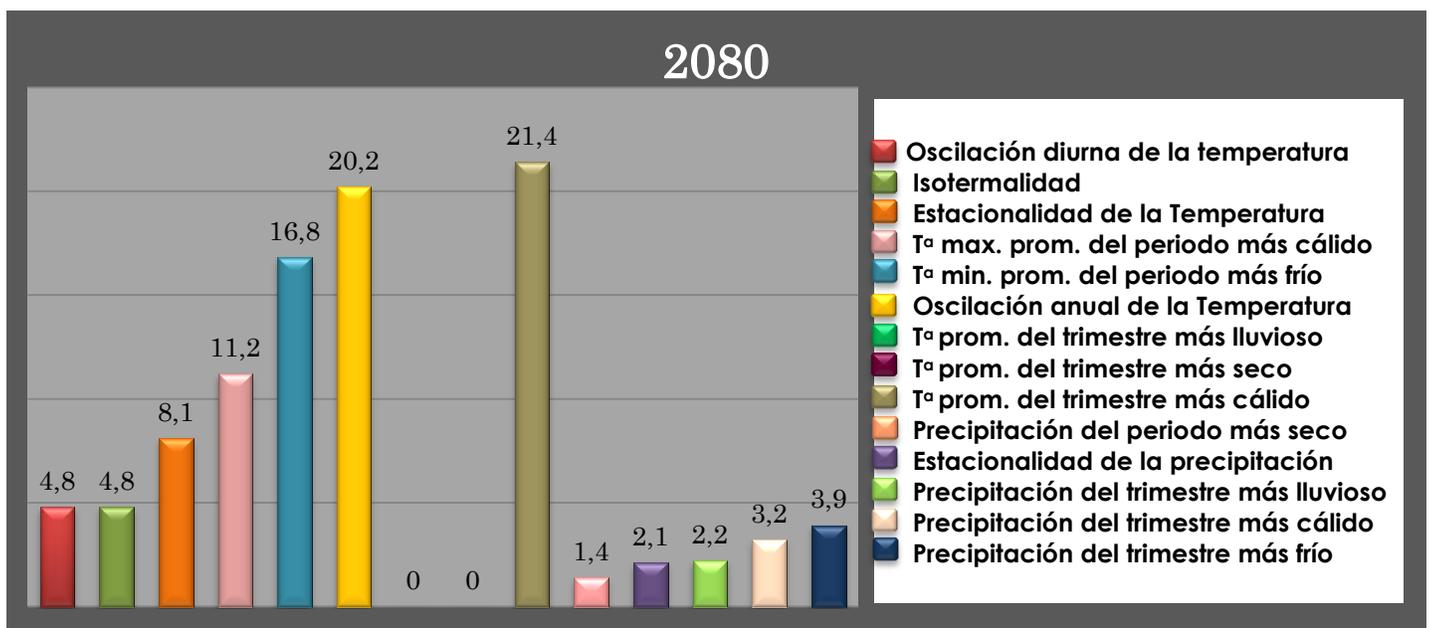


Figura 3. Variables ambientales relacionadas con la distribución potencial de *Sonchus oleraceus* para 2080.

#### 4.2. Distribución Real de México y de Europa (zona de origen)

En las figuras 4, 5 se observa la distribución de *Sonchus oleraceus* en toda la República Mexicana, siendo Chiapas, Zacatecas, Michoacán, Oaxaca, Distrito Federal, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Coahuila, Sonora, Guadalajara, los estados con mayor número de registros. En la Figura 6 se observa la distribución en Europa (zona de origen).

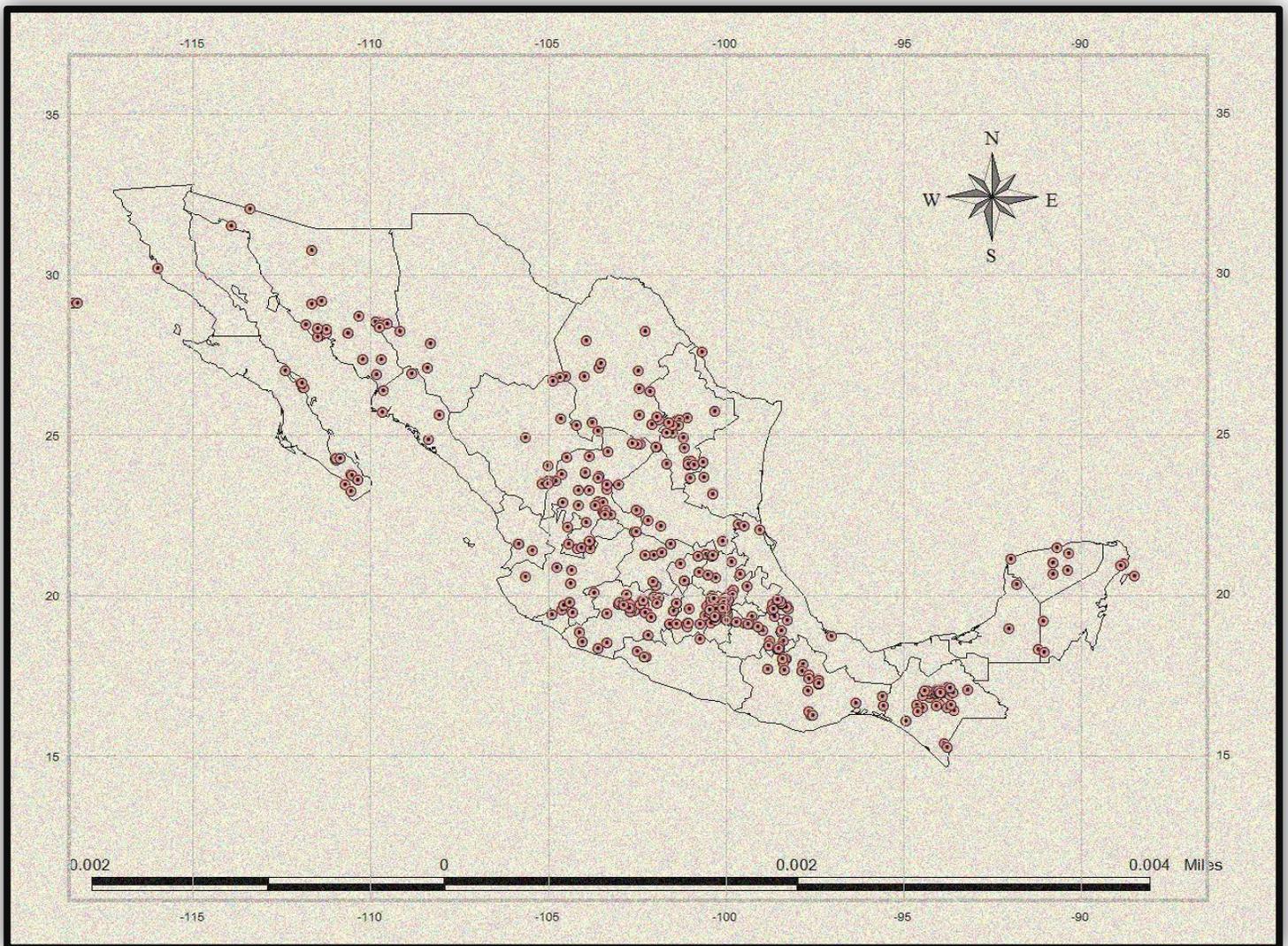


Figura 4. Distribución Real de *Sonchus oleraceus* en México.

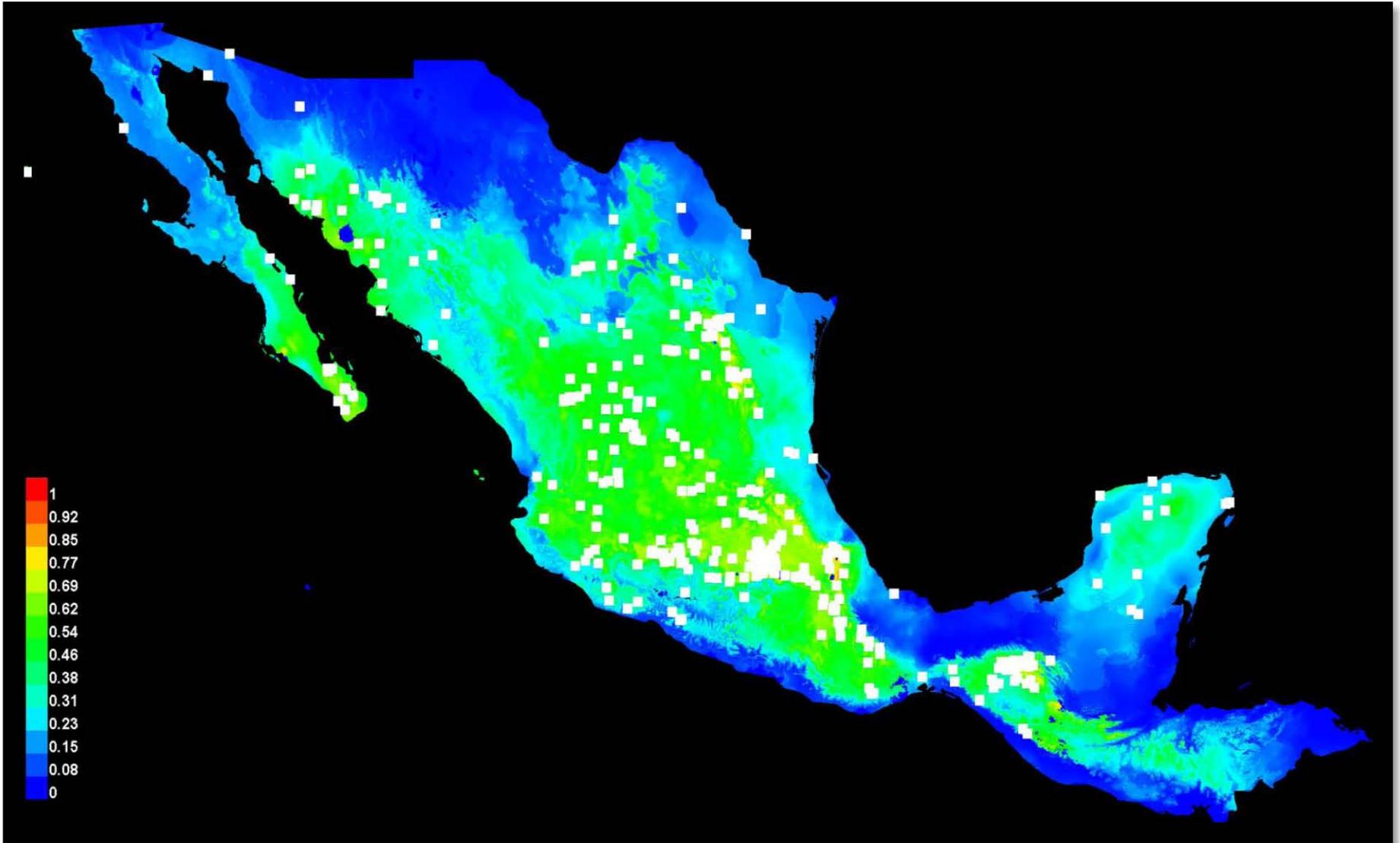


Figura 5. Modelo de distribución potencial actual de *Sonchus oleraceus* en México.

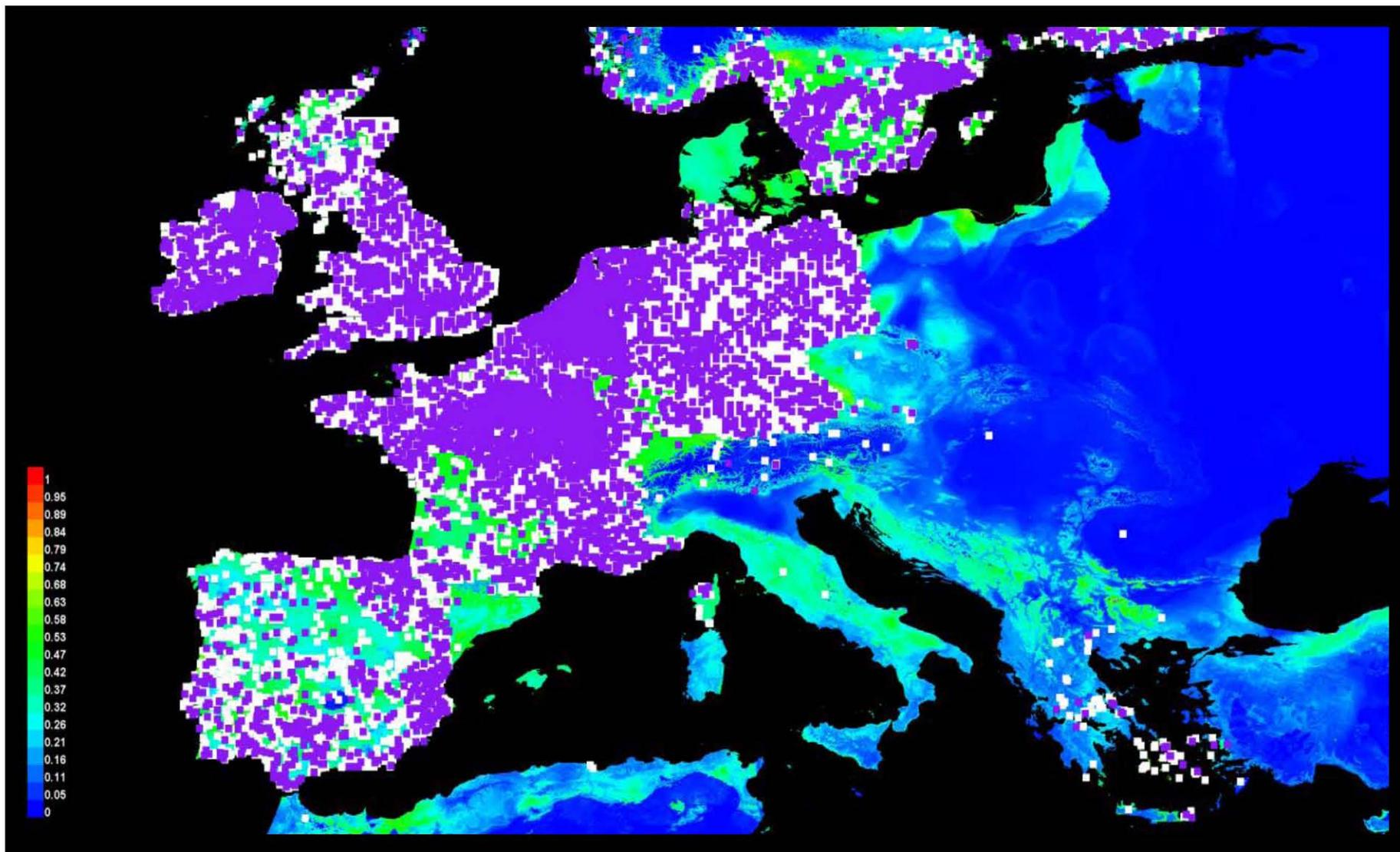


Figura 6. Modelo de distribución potencial actual de *Sonchus oleraceus* en el Viejo Mundo.

En el cuadro 4 se observa la distribución real de *Sonchus oleraceus* y el número de registros que se presentan dentro de alguna Área Natural Protegida. Los resultados obtenidos muestran que el mayor número de registros coincidentes, se encuentran en *La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*, seguida de *La Sierra Gorda*, *Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit*, y *Mapimí*, mientras que la mayoría de las demás Áreas Naturales Protegidas cuentan de entre 1-3 registros. (Figuras 7, 8).

Cuadro 4. Número de Registros coincidentes con alguna Área Natural Protegida de *Sonchus oleraceus*.

Parque Nacional (PN); Reserva de la Biosfera (RB); Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF); Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN)				
Tipo	Nombre del área protegida	Estado (s)	Área (ha)	Registros coincidentes
PN	Parque Nacional Desierto de los Leones	Ciudad de México	1, 529	3
PN	Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl	Estado de México, Morelos y Puebla	39, 819.08	1
PN	Parque Nacional Cañón de Río Blanco	Veracruz	48, 799.77	1
PN	Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	Puebla, Tlaxcala	46, 112.24	1
PN	Parque Nacional Sacromonte	Estado de México	43.73	1
PN	Parque Nacional Cumbres de Monterrey	Nuevo León	177, 395.95	3
RB	La Michilía	Durango	35, 000	1
RB	Sierra de la Laguna	Baja California Sur	112, 437.07	3
RB	La Sepultura	Chiapas	167, 310	1
RB	Reserva de la biosfera Sierra Gorda	Querétaro	383, 567.44	12
RB	Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán	Oaxaca, Puebla	490, 187	13
RB	Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca	Estado de México, Michoacán	56, 259.05	3
RB	Mapimí	Coahuila, Durango, Chihuahua	342, 388	4
RB	Isla Guadalupe	Baja California	476, 971.20	2
RB	Sierra Gorda de Guanajuato	Guanajuato	236, 882.76	3
APFF	Área de Protección de flora y fauna, Pico de Tancitaro	Michoacán	23, 406	1
APFF	Área de Protección de Flora y Fauna, El Jabalí	Colima	5, 179	1
APFF	Corredor Biológico Chichináutzin	Morelos	37, 302.40	1
APFF	Área de Protección de Flora y Fauna, Nahá	Chiapas	3, 847.41	1
APRN	Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	Estado de México	140, 234.42	2
APRN	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín , en lo respectivo a las sub-cuencas de los Ríos Sabinas, Álamos, Salado y Mimbres	Coahuila	1, 519, 385.03	1
APRN	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 01 Pabellón	Aguascalientes, Zacatecas	97 699.68	1
APRN	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit, en lo respectivo a las sub-cuencas de los Ríos Ameca, Atenguillo, Bolaños, Grande de Santiago Juchipila, Atengo y Tlaltenango	Zacatecas, Durango, Jalisco, Nayarit	2, 329, 026.75	6
APRN	Cuenca Alimentadora de los Distritos Nacionales de Riego 026 Bajo Río San Juan y 031 Las Lajas, en lo respectivo a las Sierra de Arteaga	Coahuila, Nuevo León	197, 156.79	2
APRN	Zona de Protección Forestal en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas,	Chiapas	177, 545.17	2

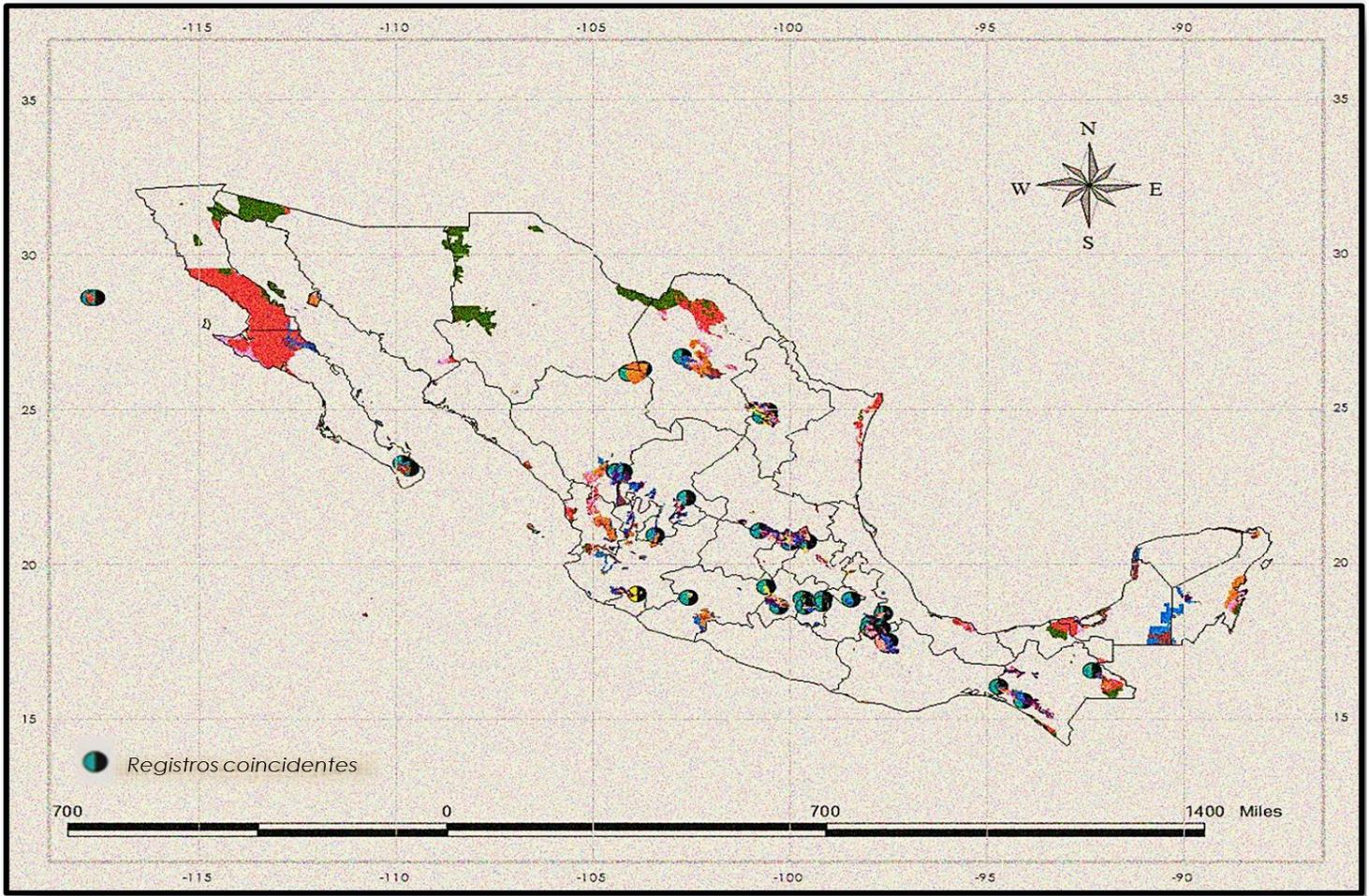


Figura 7. Contraste de registros coincidentes con alguna Área Natural Protegida.

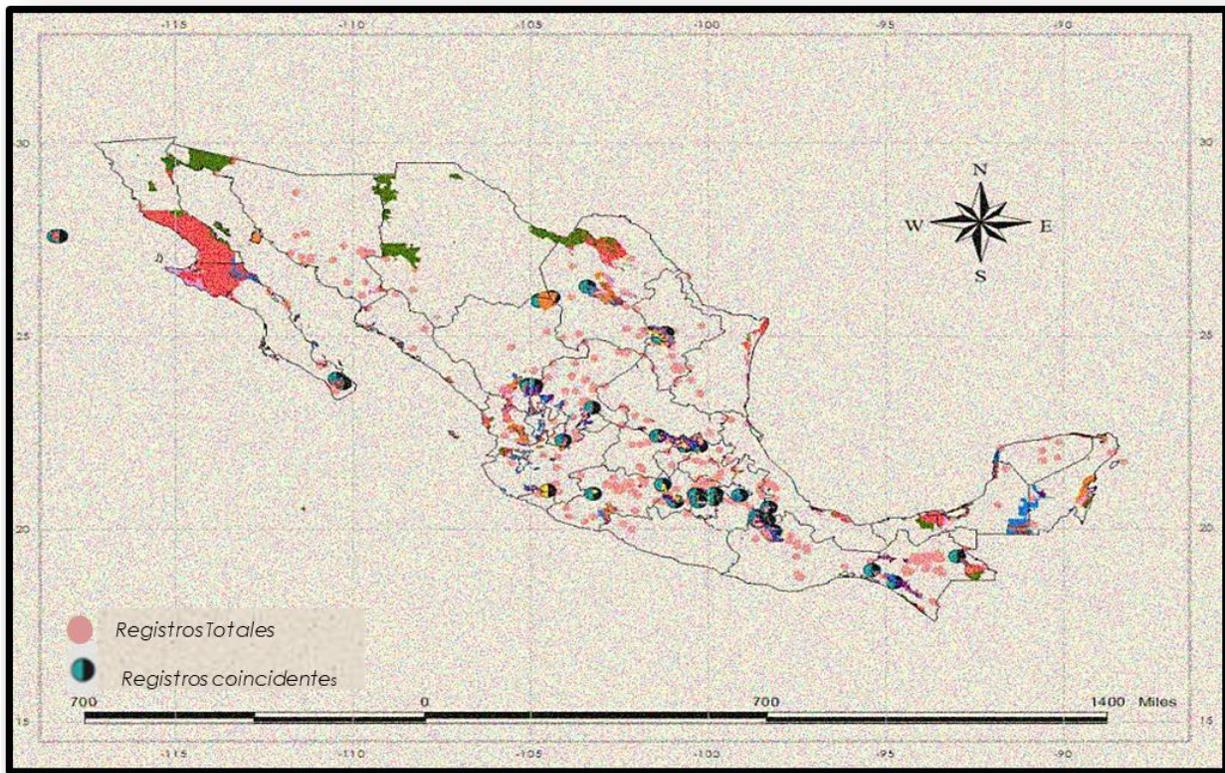


Figura 8. Registros Totales y registros coincidentes con alguna Área Natural Protegida.

### 4.3. Distribución Potencial Actual y Aplicación de los Modelos de Cambio Climático

Los resultados muestran una tendencia en general variable, ya sea a expandir y sobre todo a contraer el área de distribución de *Sonchus oleraceus* para los años 2050 y 2080. En detalle en el área menos idónea (clase 5), se nota una expansión de territorio, mientras que en las áreas más idóneas ambientalmente (clase 8 y 9), hay una contracción. (Cuadro 5). En general se puede decir que la especie tenderá a contraer su distribución en 2050 y 2080, con respecto a la distribución actual.

Cuadro 5. Superficies y estimación de la expansión/ contracción del hábitat de la distribución potencial actual y de los escenarios de cambio climático a 2050 y 2080 de *Sonchus oleraceus*.

Distribución Potencial (Km <sup>2</sup> )							
Valor de idoneidad	Distribución Potencial (Km <sup>2</sup> )	Km <sup>2</sup>		Hábitat (%)			
		2050	2080	Expansión		Contracción	
				2050	2080	2050	2080
5	296,602	384,952	388,416	(+) 30	(+) 31	-	-
6	273,140	192,401	237,108	-	-	(-) 30	(-) 13
7	245,162	101,321	80,275	-	-	(-) 59	(-) 67
8	124,509	8,984	6,348	-	-	(-) 93	(-) 95
9	20,303	662	523	-	-	(-) 97	(-) 97
Σ	959,716	688,320	712,670				
Reducción Total		271,396				247,046	
Reducción Total %		39,427				34,665	

En el cuadro 5 se observa que *Sonchus oleraceus*, expandirá su hábitat en los sitios menos idóneos (clase 5). Sólo en la clase 6 se aprecia una contracción de la distribución entre el modelo actual y 2050, sin embargo se aprecia una expansión de 2050 a 2080, aunque la tendencia global del modelo actual a 2050 y 2080, es la contracción. En las demás áreas (clase 7-9), la tendencia en las áreas más idóneas es a la contracción del hábitat. Es decir, no se identifica que se vaya a expandir el hábitat bajo esos escenarios de cambio climático (Figuras 13-15).

Cabe mencionar que la contracción del territorio es muy notable, por ejemplo en la figura 9, en modelo actual se aprecia la distribución de *Sonchus oleraceus* en Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco; mientras que en 2050, se observa una contracción de la distribución de la especie; por otro lado se volverá a encontrar aunque con una menor probabilidad y menor superficie en 2080.

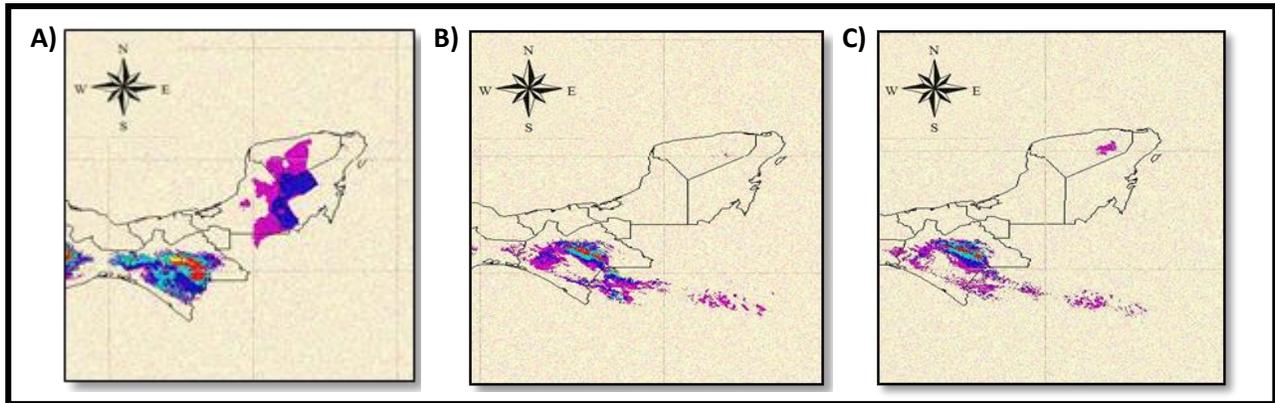


Figura 9. Contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en la península de Yucatán.  
A) Modelo actual, B) 2050, C) 2080.

En la Figura 10 se observa que en el modelo actual, *Sonchus oleraceus* está presente en Sinaloa, sin embargo en 2050, se observa que habrá una contracción de la distribución de la especie; mientras que en 2080 se volverá a encontrar con una baja probabilidad y una menor superficie. En Baja California, sucede lo mismo, aunque en 2080, se aprecia que volverá a aparecer con una menor probabilidad y un poco más de superficie con respecto al modelo actual.

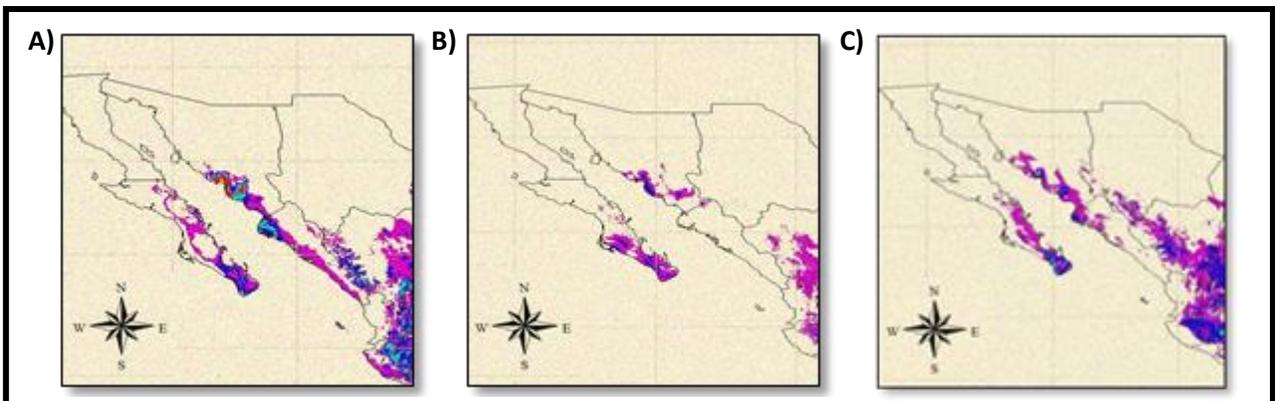


Figura 10. Contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en Sinaloa y Baja California.  
A) Modelo actual, B) 2050, C) 2080.

En la Figura 11 se observa que la Clase 7 (color cian), con una mayor probabilidad y mayor superficie, se distribuye en la parte norte, centro y sur del país, sin embargo en 2050, se observa una contracción de la distribución de la especie sobre todo en la parte centro y sur del país, sin embargo habrá una reducción en la parte centro del país, prevaleciendo en algunos estados como el Norte de Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla, Norte de Oaxaca. Por otro lado en 2080 sucede algo similar, sin embargo en la parte centro hay una reducción mayor en comparación con 2050, reduciendo en Puebla, Tlaxcala, Norte de Michoacán, Norte de Hidalgo y de Querétaro.

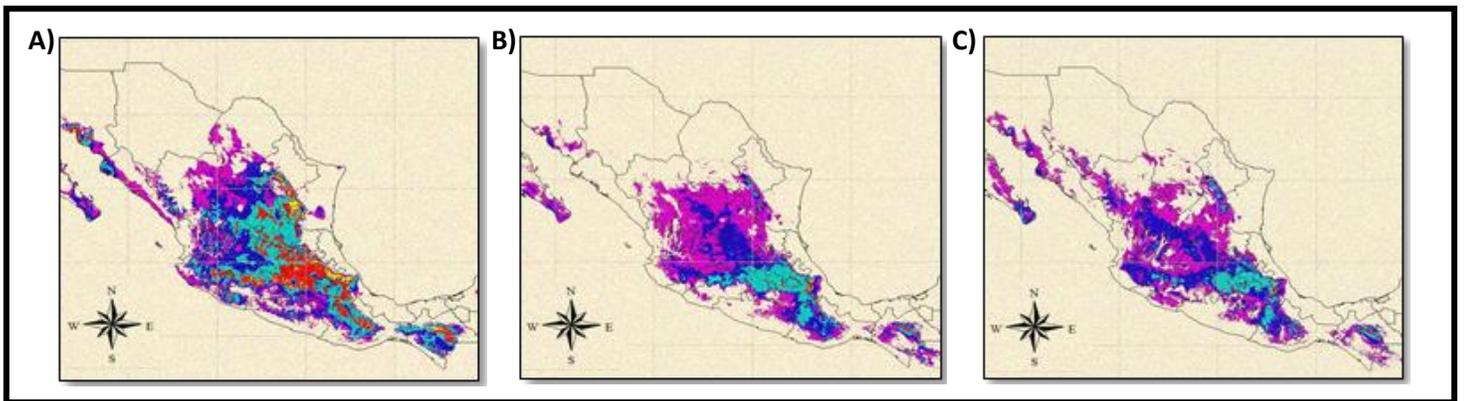


Figura 11. Contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en la Clase 6 (color cian).  
A) Modelo actual, B) 2050, C) 2080.

En la figura 12 se observa que la Clase 9 (color amarillo) con una mayor probabilidad y menor superficie, se distribuye en la parte norte, centro y sur del país, mientras que en 2050 se observa una reducción de la distribución de la especie sobre todo en la parte centro y sur del país, a pesar que en la parte centro se seguirá presentando la especie, la distribución es menor en comparación al modelo actual. En 2080 sucederá lo mismo solo que la reducción es aún mayor en comparación con el año 2050.

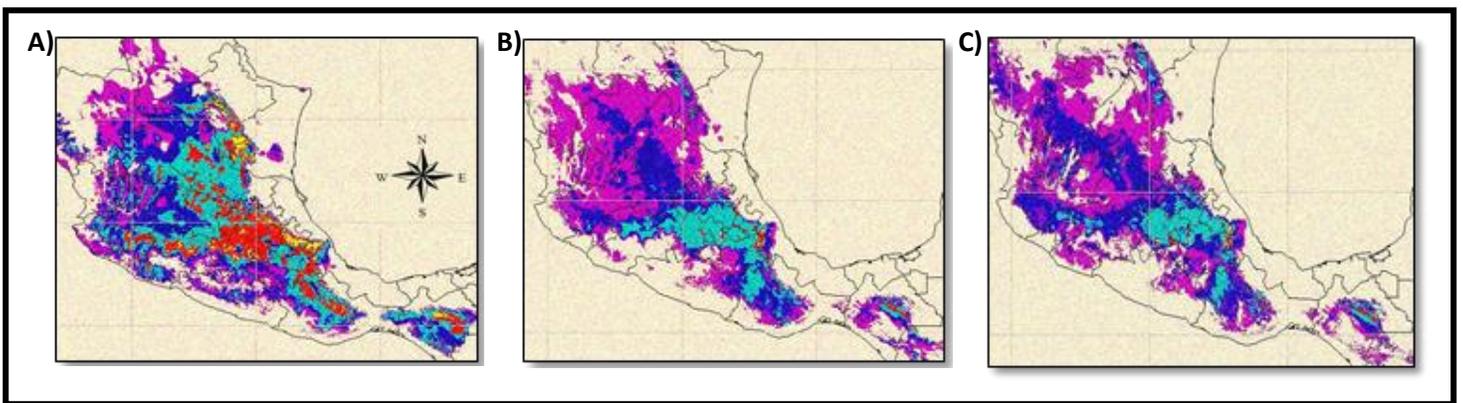


Figura 12. Contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en la Clase 9 (color amarillo).  
A) Modelo actual, B) 2050, C) 2080.

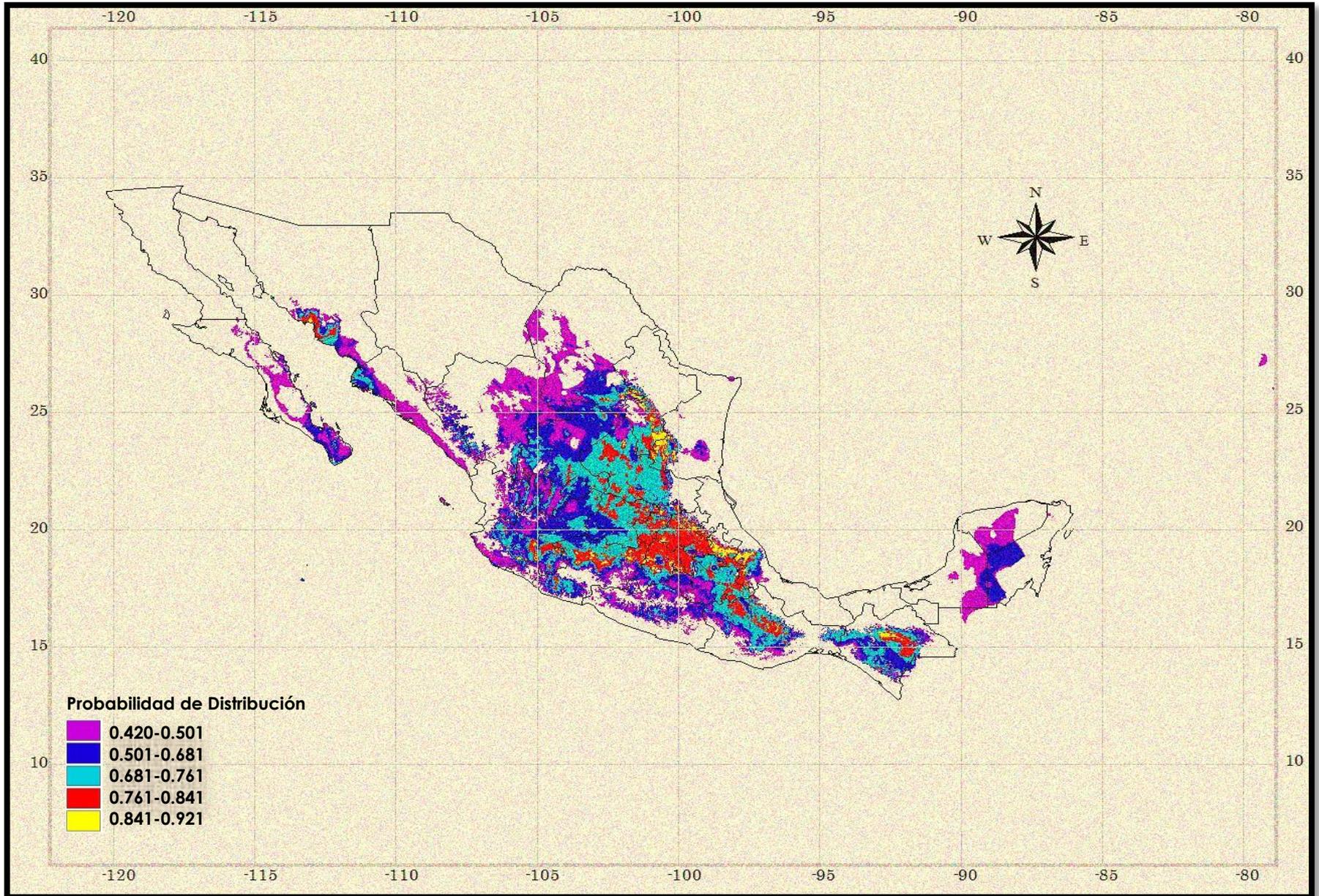


Figura 13. Distribución potencial actual de *Sonchus oleraceus* en México.

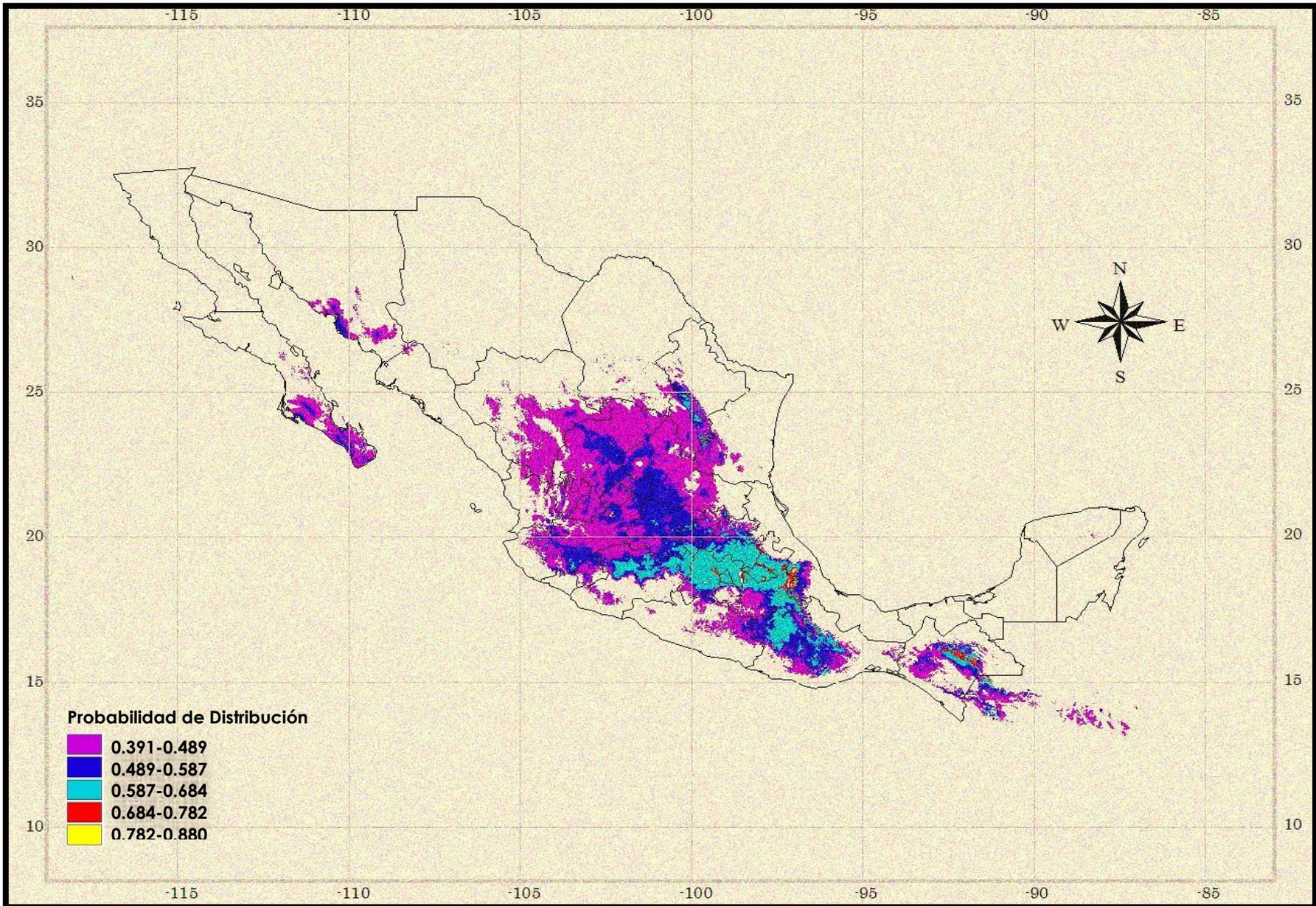


Figura 14. Distribución potencial de *Sonchus oleraceus* estimada para el año 2050 en México.

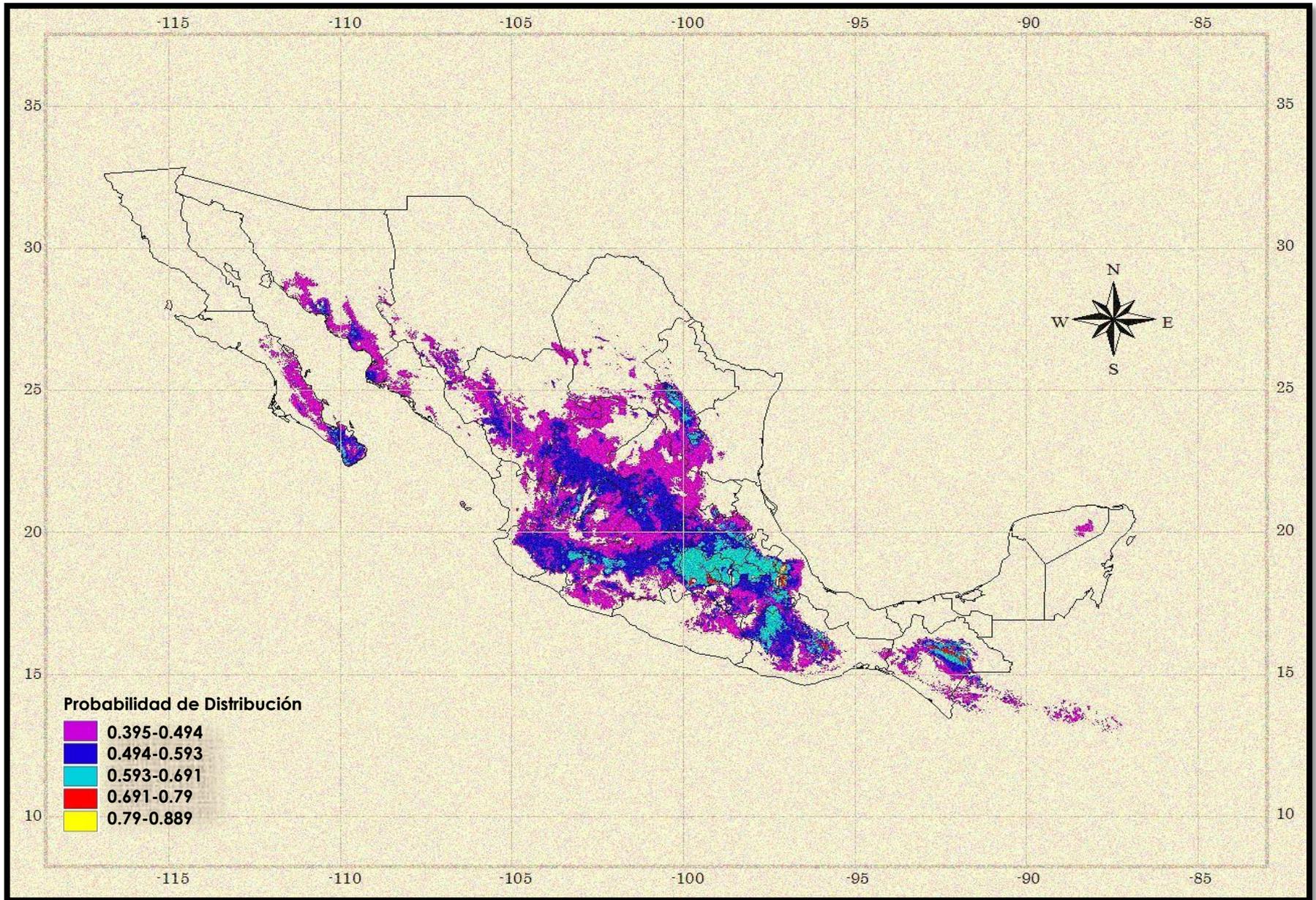


Figura 15. Distribución potencial de *Sonchus oleraceus* estimada para el año 2080 en México.

#### 4.4. Efectos del Cambio Climático sobre *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas como medida de conservación de éstas a largo plazo en la biodiversidad de México

La mayor parte de la distribución de la especie con respecto a las Áreas Naturales Protegidas, mostró una tendencia en general variable, ya se a expandir y sobre todo a contraer el área de distribución de *Sonchus oleraceus*, mientras que en otras áreas se mantiene y en algunos casos se extinguen localmente (Cuadro 6). En general se puede decir que la especie tenderá a contraer su distribución en relación a las Áreas Naturales Protegidas en 2050 y 2080, con respecto al escenario actual.

Cuadro 6. Superficies de la distribución potencial y de cambio climático para el escenario actual, 2050 y 2080, en relación a las Áreas Naturales Protegidas.

Distribución Potencial en relación a las Áreas Naturales Protegidas (Km <sup>2</sup> )							
Valor de idoneidad	Distribución Potencial (Km <sup>2</sup> )	Km <sup>2</sup>		Hábitat (%)			
		2050	2080	Expansión		Contracción	
				2050	2080	2050	2080
5	23,476	31,168	26,819	(+) 33	(+) 14	-	-
6	24,897	12,850	22,476	-	-	(-) 48	(-) 10
7	18,934	9,593	7,904	-	-	(-) 49	(-) 58
8	11,850	566	743	-	-	(-) 95	(-) 94
9	3,094	81	41	-	-	(-) 97	(-) 99
Σ	82,251	54,258	57,983				
Reducción Total	27,993						
			24,268				
Reducción Total %	51,592		41,853				

En el cuadro 6 se observa que el hábitat de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas expandirá su hábitat en los sitios menos idóneos (Clase 5). Sólo en la clase 6 se observa una contracción de la distribución entre la

época actual y el 2050; y una expansión de 2050 a 2080, aunque la tendencia en general, de la actual a 2050 y 2080, es la contracción. En las demás áreas (clase 7-9), la tendencia en las áreas más idóneas es la contracción del hábitat. Es decir, no se identifica que se vaya a expandir el hábitat bajo esos escenarios de cambio climático.

De la Figura 16 a 18, se observa que la contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas es muy notable, ya que en 2050 y 2080 en comparación con el modelo actual, desaparecerá la especie en la Península de Yucatán, Campeche, por mencionar algunas reservas como *Calakmul*, *Dzibilchantún*, *Laguna de Términos*, *Los Petenes*, *Otoch Ma'ax Yetel Kooch*, *Ría Celestún*, *Ría Lagartos*, *Sian Ka'an*, *Yum Balam*, así mismo en Chiapas, en donde se encuentra la reserva *Lacan-Tun*, también en Baja California, por mencionar algunas reservas como *El Vizcaíno*, *Sierra La Laguna*, *Bahía de Loreto*, *Valle de los Cirios*, además en Sonora, Sinaloa, Coahuila, Jalisco, Michoacán, Morelos, por mencionar algunas reservas como *Isla San Pedro Mártir*, *Playa El Verde Camacho*, *Ocampo*, *Chamela-Cuixmala*, *Playa Cuitzmala*, *Playa de Mismaloya*, *Playa Teopa*, *Playa de Maruata y Colola*, *Las Huertas*; además que hay reducción de la distribución en la parte centro del país en donde se encuentra *La Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit* (Nayarit, Jalisco, Zacatecas, Aguascalientes), así mismo en la *Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Boquerón de Tonalá, Corredor Biológico Chichinautzin, Desierto del Carmen o de Nixcongo, El Tepeyac, El Tepozteco, Sacramento, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Los Remedios, Mariposa Monarca, Xicoténcatl*, por mencionar algunas reservas.

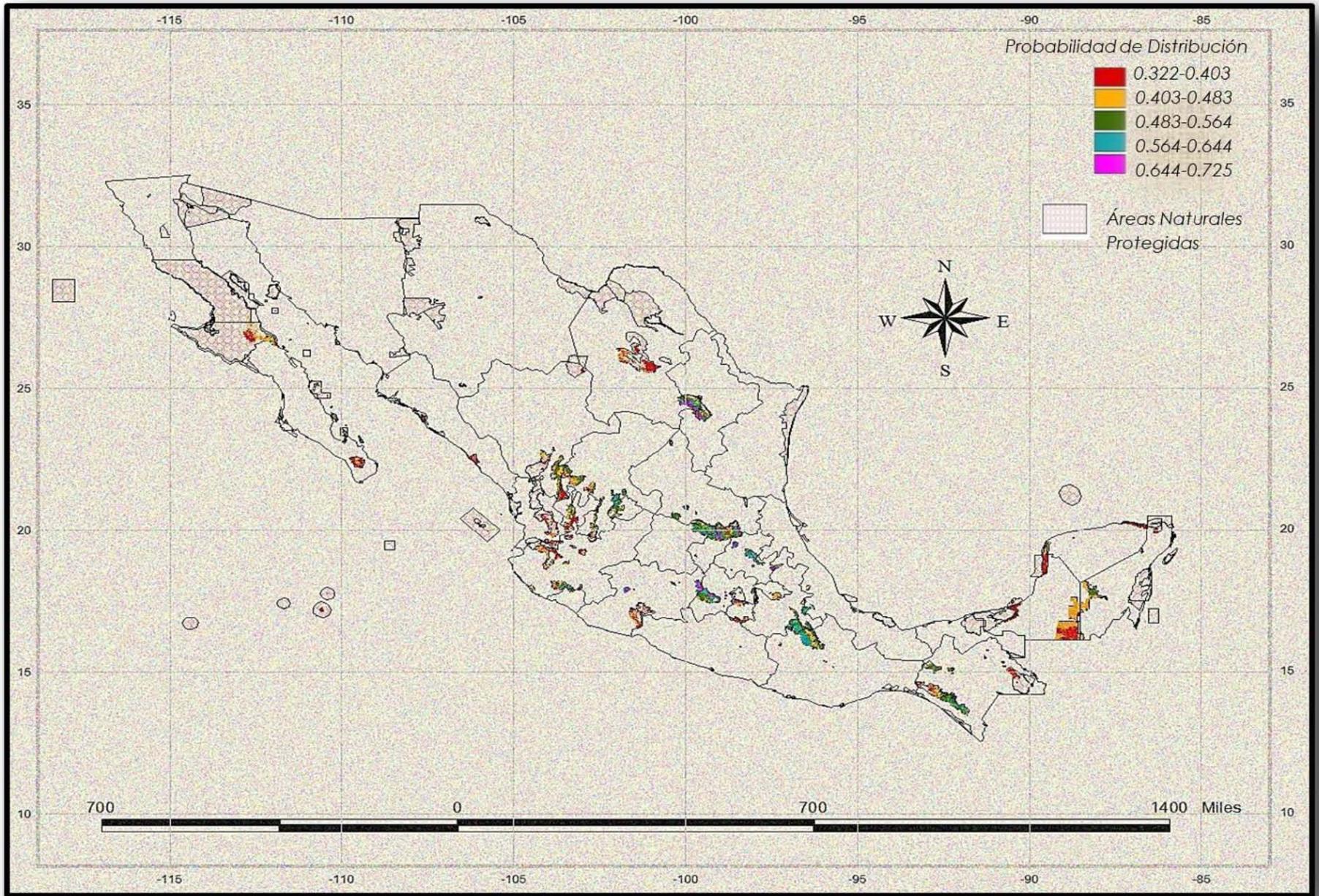


Figura 16. Distribución potencial actual y efecto del cambio climático de *S. oleraceus* en relación a las ANP's en México.

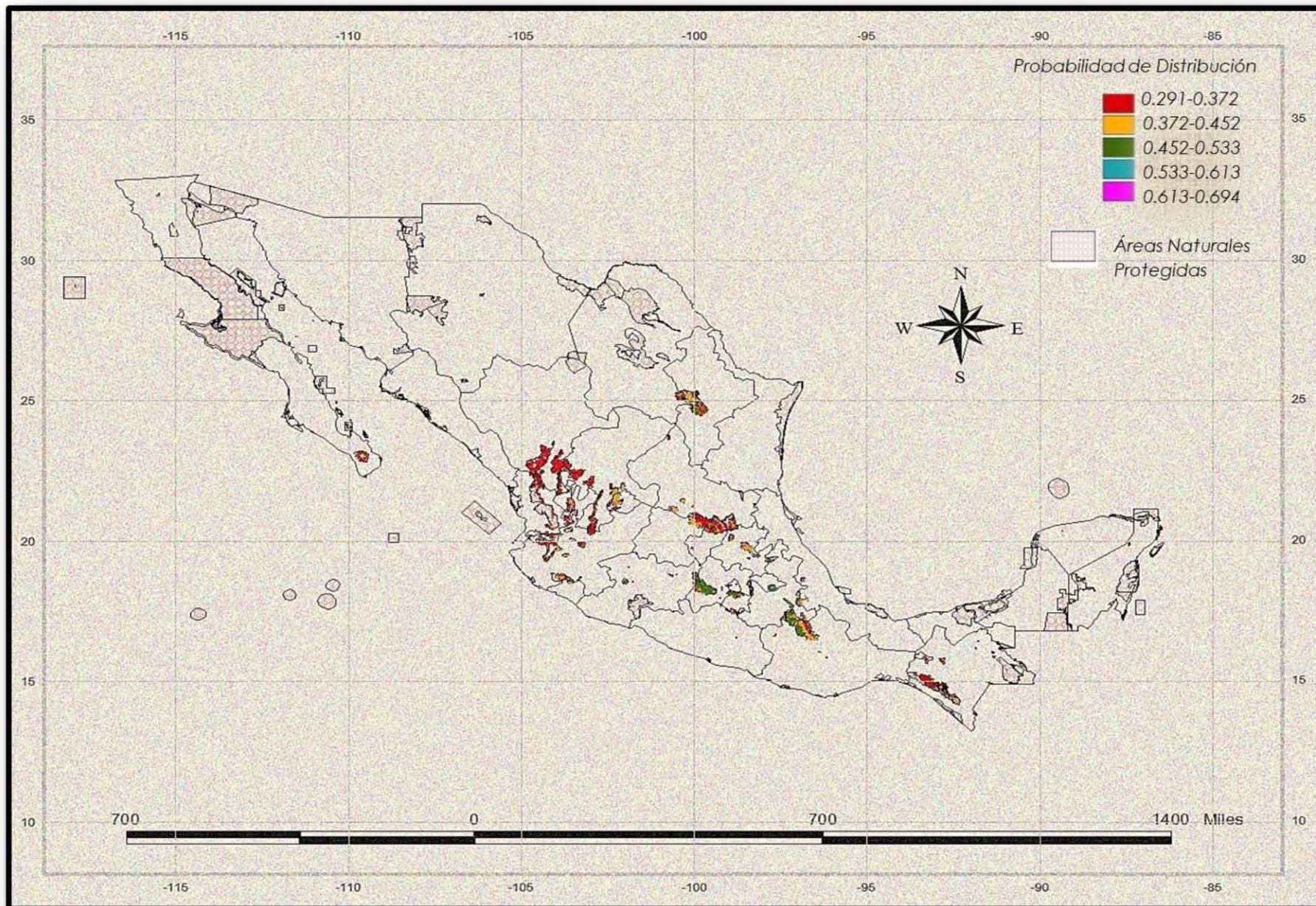


Figura 17. Distribución potencial y efecto del cambio climático de *S. oleraceus* en relación a las ANP's estimada para 2050 en México.

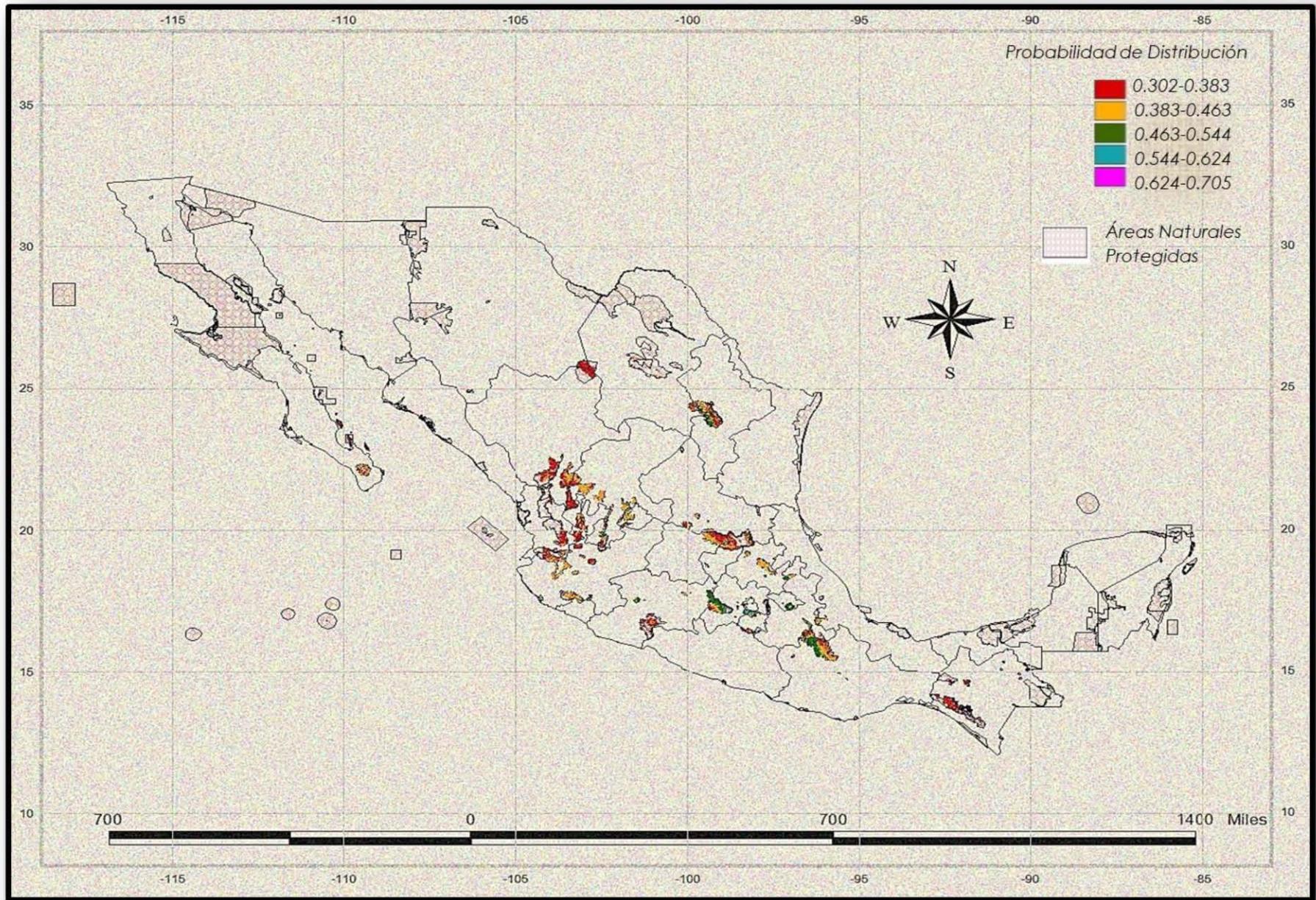


Figura 18. Distribución potencial y efecto del cambio climático de *S. oleraceus* en relación a las ANP's estimada para 2080 en México.

El Efecto del Cambio Climático de *Sonchus oleraceus* en relación con las Áreas Naturales Protegidas, en la mayoría presenta una contracción de su distribución, incluso en algunos casos hasta de 80-90 %; mientras que en otras solo entre el 5 y 10 %. En general se puede referir que ocurren todas las posibilidades, desde una expansión e incluso en las condiciones más idóneas desaparecen considerándose como posiblemente extinta localmente (Cuadro 7).

Las figuras 16 a 18 muestran la correspondencia espacial de la distribución potencial actual y los cambios (expansión/ reducción) que se registrarán bajo los escenarios de cambio climático de *Sonchus oleraceus* en las Áreas Naturales Protegidas en México. En los cuadros 7 a 15 se describen las diferentes posibilidades que se identificaron en la distribución de *Sonchus oleraceus* (ver ANEXO).

Cuadro 7. Caso 1. No está registrada y se identifican sitios de distribución potencial en al menos uno de los escenarios futuros.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Cumbres del Ajusco</i></li> </ul>	En el escenario actual no ésta registrada la especie, sin embargo para 2050 y 2080, aparecerá con aproximadamente el 30% de la superficie, siendo 2080 el año en donde el aumento será mayor.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Fuentes Brotantes de Tlalpan</i></li> </ul>	La especie no está registrada en el escenario actual, pero en 2050 y 2080, tendrá un aumento aproximado del 5 hasta 80 % respectivamente.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui</i></li> </ul>	No está registrada la especie en el escenario actual, pero para 2050 y 2080, tendrá un aumento aproximado del 5 % y 10 % respectivamente.

Cuadro 8. Caso 2. Actualmente está registrada, mientras que la superficie de distribución disminuye totalmente en 2050 y aumenta en 2080.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Archipiélago de Revillagigedo</i></li> </ul>	En 2050, la especie desaparecerá por completo; mientras que para 2080, podría reaparecer con tan solo el 5%.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>El Vizcaíno</i></li> <li>▪ <i>Cuatrociénegas</i></li> </ul>	En 2050 desaparecerá, sin embargo en 2080 el aumento sería muy poco no supera el 10 %.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Mapimí</i></li> </ul>	A pesar de que en 2050 desaparecerá; en 2080 podría aparecer con un aumento de aproximadamente del 40 %.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>El Cerro de Las Campanas,</i></li> <li>▪ <i>El Histórico Coyoacán,</i></li> <li>▪ <i>Los Molinos de Flores</i></li> <li>▪ <i>Netzahualcóyotl</i></li> </ul>	Aunque en 2050 desaparecerá, la presencia del especie en 2080, se mantendrá con respecto al escenario actual.

Cuadro 9. Caso 3. Actualmente está registrada, en 2050 la superficie de distribución aumenta o disminuye parcialmente y en 2080 disminuye totalmente.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Isla Guadalupe, Bonampak y La Meseta de Cacaxtla</i></li> </ul>	<p>Estará presente en 2050, pero disminuirá su distribución, aproximadamente 30%; mientras que en 2080, desaparecerá por completo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Sacramonte</i></li> </ul>	<p>Estará presente en 2050 aumentando su distribución aproximadamente 50%; mientras que en 2080 desaparecerá.</p>

Cuadro 10. Caso 4. Actualmente está registrada y la superficie de distribución disminuye totalmente desde 2050.

<p><i>Calakmul, Dzibilchantún, Ría Celestún, Ría Lagartos, Sian Ka'an, Bala'an K'aax, Oloch Ma'ax Yetel Koooh, Yum Balam, Los Petenes, Laguna de Términos</i> (todas estas reservas se encuentran entre Yucatán, Quintana Roo, y Campeche).</p>	<p>Presenta un escenario más drástico ya que para los años 2050 y 2080, la especie desaparecerá por completo.</p>
<p><i>Chamela-Cuixmala</i> (Jalisco), <i>Lacan-Tun</i> (Chiapas), <i>La Isla San Pedro Mártir</i> (Sonora) <i>Ocampo</i> (Coahuila), <i>Valle de los Cirios</i> (Baja California). Además de <i>La Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos</i> (Yucatán), <i>Playa Cuitzmala</i> (Jalisco), <i>Playa de Maruata y Colola</i> (Michoacán), <i>Playa de Mismaloya</i> (Jalisco), <i>Playa El Verde Camacho</i> (Sinaloa), <i>Playa Teopa</i> (Jalisco) y <i>Las Huertas</i> (Morelos).</p>	

Cuadro 11. Caso 5. No está registrada actualmente y la superficie de distribución puede aumentar en baja proporción en 2050 o en 2080.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Volcán Tacaná,</i></li> <li>▪ <i>Tutuacá</i></li> <li>▪ <i>Cerro Mohinora</i></li> </ul>	<p>En el escenario actual y en 2050, no está registrada la especie; mientras que para 2080, podría aumentar aproximadamente el 20 %.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Rayón</i></li> </ul>	<p>En el escenario actual y para 2080, la especie no está registrada, sin embargo en 2050 podría aumentar aproximadamente 10 % de su distribución.</p>

Cuadro 12. Caso 6. Actualmente está registrada y la superficie de distribución disminuye en cualquiera de los dos escenarios futuros.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Tehuacán-Cuicatlán,</i></li> <li>▪ <i>El Chico,</i></li> <li>▪ <i>El Tepeyac,</i></li> <li>▪ <i>El Tepozteco</i></li> <li>▪ <i>C.A.D.N.R. 001 Pabellón</i></li> </ul>	<p>Estará presente en 2050 y 2080, pero disminuye aproximadamente el 5% al 10% respectivamente, habiendo mayor reducción para el 2080.</p>
---	--

<p><i>Barranca de Metztitlán La Sepultura, Mariposa Monarca, Cerro de la Estrella, El Potosí, El Cimatarío , Pico de Tancítaro, Cabo Pulmo, Cerro de la Silla, C. A. D. N. R. 043 Estado de Nayarit, Boquerón de Tonalá, Cabo San Lucas y Nevado de Toluca.</i></p>	<p>Estará presente en ambos escenarios, sin embargo disminuirá entre el 10%- 20% respectivamente, encontrándose una mayor reducción en 2050.</p>
<p><i>En La Sierra de Manantlán, Sierra Gorda, Sierra Gorda de Guanajuato, Sierra La Laguna, Cañón del Sumidero, Cofre de Perote, Desierto del Carmen, Gogorrón, Grutas de Cacahuamilpa, Insurgente José María Morelos, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, La Montaña Malinche, Pico de Orizaba, Volcán Nevado de Colima, Xicoténcatl, Z. M. del Archipiélago de Espíritu Santo, Z. P. F. los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Corredor Biológico Chichinautzin, La Primavera, Sierra de Álvarez y Sierra de Quila, Desierto de los Leones, Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla y Lomas de Padierna</i></p>	<p>La especie estará presente en ambos escenarios sin embargo habrá una disminución de entre 10%- 20%, en 2050 y 2080 respectivamente, encontrándose una mayor reducción en 2080.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>El Triunfo,</i></li> <li>▪ <i>Sierra de Huautla,</i></li> <li>▪ <i>C. A. D. N. R. 004 Don Martín</i></li> <li>▪ <i>Nahá</i></li> </ul>	<p>Estará presente en 2050 y 2080, pero con una disminución entre el 50 y el 60 %; habiendo una mayor reducción en el 2050.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Islas Marías</i></li> <li>▪ <i>Montes Azules</i></li> <li>▪ <i>Balandra</i></li> <li>▪ <i>Ciénegas del Lerma</i></li> </ul>	<p>Estará presente en 2050 y 2080, pero su distribución disminuirá aproximadamente del 80%- 90% respectivamente, dando lugar a una mayor reducción en 2080.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Zicuirán-Infiernillo</i></li> <li>▪ <i>Islas del Golfo de California</i></li> </ul>	<p>La especie estará presente en ambos escenarios, pero en 2050 habrá una reducción de aproximadamente 90%; mientras que en 2080, la reducción será del 50%.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Bahía de Loreto</i></li> </ul>	<p>Estará presente en ambos escenarios, en donde la reducción en 2050 será de aproximadamente del 80%; mientras que en 2080, la reducción será del 70%.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>La Selva El Ocote,</i></li> <li>▪ <i>Z. P. F. en los terrenos que se encuentran en los mpios. de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas</i></li> </ul>	<p>La disminución en 2050 y 2080 será de aproximadamente el 70%- 80% respectivamente.</p>

Cuadro 13. Caso 7. Actualmente está registrada y la superficie de distribución aumenta en cualquiera de los dos escenarios futuros.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>La Michilía</i></li> </ul>	<p>Estará presente en ambos escenarios, aumentando aproximadamente entre el 80%- 90% respectivamente, sin embargo hay un mayor incremento en 2050.</p>
--	--

Cuadro 14. Caso 8. Actualmente está registrada, y la superficie de distribución se mantiene en cualquiera de los dos escenarios futuros.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Parque Nacional Benito Juárez</i></li> <li>▪ <i>Yagul</i></li> </ul>	<p>En ambos escenarios se mantendrá igual la distribución con respecto al escenario actual.</p>
--	---

Cuadro 15. Caso 9. Actualmente está registrada, y la superficie de distribución se mantiene o aumenta, o disminuye en cualquiera de los escenarios futuros.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Barranca del Cupatitzio</i></li> </ul>	<p>Se encontrará presente en ambos escenarios, sin embargo en 2050, la distribución se mantendrá igual con respecto al escenario actual, mientras que en 2080 habrá un aumento de aproximadamente el 10%.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Cerro de Garnica</i></li> <li>▪ <i>Los Remedios</i></li> <li>▪ <i>Sierra de Órganos</i></li> <li>▪ <i>Tula</i></li> </ul>	<p>Habrá un aumento de aproximadamente de 20% en 2050, mientras que la distribución se mantendrá en 2080 con respecto al escenario actual.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Parque Nacional General Juan Álvarez</i></li> </ul>	<p>Se mantendrá la distribución en 2050, con respecto al escenario actual, mientras que en 2080, habrá una reducción de aproximadamente del 20%.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>los Mármoles</i></li> <li>▪ <i>El Jabalí</i></li> </ul>	<p>En 2050 habrá una disminución del 15%, mientras que en 2080 se mantendrá con respecto al escenario actual</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Cumbres de Monterrey,</i></li> <li>▪ <i>C. A. D. N. R. 026 Bajo Río San Juan</i></li> <li>▪ <i>Sierra La Mojonera,</i></li> </ul>	<p>Estará presente en ambos escenarios, sin embargo la distribución aumentará en 2050 aproximadamente 15%, mientras que en 2080 disminuirá aproximadamente un 10%.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Bosencheve,</i></li> <li>▪ <i>Cañón Río Blanco,</i></li> <li>▪ <i>Lagunas de Montebello,</i></li> <li>▪ <i>Lagunas de Zempoala y</i></li> <li>▪ <i>Z. P. F. V. C. H. del Río Necaxa,</i></li> </ul>	<p>Se presentará en ambos escenarios, mientras que en 2050 disminuirá un 15%, y en 2080 habrá un aumento del 20%.</p>

## V. DISCUSIÓN

Las invasiones biológicas están consideradas como uno de los principales problemas del siglo XXI y algunos autores se han referido a este fenómeno como la segunda causa de pérdida de biodiversidad (Díaz *et al.*, 2006; Clavero *et al.*, 2009). La introducción de especies exóticas se ha incrementado con el comercio internacional, así como por medio de los diversos procesos que conllevan la globalización y la mejora de los medios de transporte (CONABIO, 2006). Muchas de estas especies exóticas, ante la ausencia de competidores o depredadores se han convertido en invasoras. Algunas especies invasoras son capaces de modificar el patrón de abundancia y distribución de las especies nativas, provocando incluso extinciones locales (Vitousek *et al.*, 1996). Debido a la amplia distribución espacial y abundancia de las especies invasoras, su presencia podría estar reemplazando a la flora nativa. Las plantas invasoras también pueden modificar los ciclos de nutrientes (ej. plantas fijadoras de nitrógeno), desestabilizando la estructura de las comunidades vegetales con consecuencias impactantes en la sucesión vegetal (Liao *et al.*, 2009).

La base de datos del presente estudio muestra un buen número de registros de *Sonchus oleraceus* en México y en Europa (zona de origen). Algunos autores enfatizan la necesidad de contar con mejor información para un modelado eficiente de la distribución potencial de las especies. Lyndenmayer *et al.*, (1996) y Peterson *et al.*, (2000) sugieren el uso de un mínimo de 50 localidades con sus coordenadas geográficas para la elaboración de los modelos de distribución (Villaseñor & Téllez- Valdés, 2004). En el presente trabajo se contó con un total de 551 registros en México y 52, 384 registros en Europa (zona de origen). Al presentar un alto número de registros refleja una amplia distribución; siendo una especie invasiva, por lo que es importante que se realicen estudios sobre la ecología de la especie debido a la invasión sobre especies nativas.

La mayoría de los modelos de nicho ecológico que predicen la presencia probable de una especie en un sitio no explorado, generalmente correlacionan los sitios ya conocidos donde la especie prospera, con un conjunto de factores

ambientales, que son generalmente condiciones climáticas (Chapman *et al.*, 1994), sin embargo, no se puede llegar a predecir totalmente la presencia o ausencia real de una especie, puesto que existen infinidad de factores que contribuyen a que la especie llegue o no a concretar su presencia en algún sitio, como por ejemplo las interacciones ecológicas, consumo de recursos y otras variables geográficas (Soberón *et al.*, 2009). Las predicciones realizadas con el programa MaxEnt utilizando los registros de presencia de la especie y las 19 variables climáticas, muestran que *Sonchus oleraceus* tienen una alta probabilidad de distribuirse en México, debido al alto intercambio florístico y a la intensa actividad antropogénica (urbana y agrícola). Probablemente, lo anterior ha fomentado que la especie haya encontrado un nicho ecológico, favoreciendo su distribución, presentando una mejor adaptación a las condiciones ambientales en la que se encuentra naturalmente.

En relación con lo anterior, se han propuesto tres patrones de respuesta de las especies en relación a su distribución geográfica; el primero indica un cambio en la capacidad de ocupación de nuevas áreas conforme a los regímenes ambientales, el segundo patrón refiere una adaptación a las nuevas condiciones, por lo tanto, no se deben observar cambios importantes en su distribución y por último, si no existe un movimiento o adaptación, la especie tenderá a reducirse a los sitios propicios para su sobrevivencia o en caso extremos, se puede llegar a la extinción (Ballesteros-Barrera, 2008; Markham, 1996).

En el presente estudio, se modeló por primera vez la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*, considerada especie invasora; dichos resultados son importantes ya que no se cuenta con trabajos previos relacionados con ésta especie aplicando los modelos de cambio climático. De los resultados obtenidos, en general se puede decir que la especie tenderá a contraer su distribución potencial en 2050 y 2080 con respecto a la distribución actual.

La distribución potencial de *Sonchus oleraceus* para el año 2050, disminuirá un 39.4 %, mientras que en 2080 se reducirá un 34.6 %; en otras palabras, hablando en Km<sup>2</sup>, la contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus*, en 2050 será de

271,396 km<sup>2</sup> mientras que en 2080 será de 247,046 km<sup>2</sup> con respecto a la distribución actual; lo que la convierte en una especie que podría disminuir su distribución, ya que presentará una menor conservación de su hábitat, lo que indica que el nicho ecológico de ésta especie no se mantendrá estable bajo los efectos del cambio climático.

Bradley *et al.*, (2010), indican que el cambio climático va a alterar los impactos de las plantas invasoras en los ecosistemas nativos y gestionados. Los cambios que influyen en la invasión de las plantas incluyen el aumento de la temperatura, la precipitación alterada, el aumento del dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>), la deposición de nitrógeno (N) y las nuevas perturbaciones asociadas con los cambios en el uso de la tierra. Sin embargo, en términos de los impactos de la invasión en la diversidad biológica, otros cambios globales podrían ser igualmente importantes como la perturbación. Aunque los cambios en el uso de la tierra o la cubierta de la tierra aumentan la invasión, también disminuyen directamente la diversidad biológica y, por lo tanto, limitan el potencial de pérdida de diversidad asociado con una mayor invasión de las plantas. Por el contrario, la alteración del CO<sub>2</sub>, la precipitación, la temperatura y la deposición de N afectan la invasión tanto en tierras perturbadas como no perturbadas. La intensificación de la invasión de las plantas causada por estos cambios globales podría disminuir la biodiversidad en áreas no perturbadas.

George, K. *et al.*, (2009), investigaron el vínculo las plantas invasivas, el aumento de CO<sub>2</sub>, el comercio y los cambio en el uso de suelo muestran que el cambio global podría aumentar el riesgo de invasión. La evidencia también sugiere que la deposición de N generalmente favorecerá a las plantas invasoras. Es probable que se observen aumentos de plantas invasoras, en lugares donde dominan estas fuerzas de cambio global, como las zonas urbanas. Sin embargo, la situación es mucho menos segura con respecto al aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones.

La mayoría de estos factores se espera que aumente el riesgo de invasión, sin embargo Bradley *et al.*, (2009), destaca la reducción de especies invasoras, ya que si bien los cambios en la temperatura y la precipitación podrían beneficiar a las especies invasoras mediante la creación de nuevos ambientes, disminuiría constantemente la disponibilidad de recursos. De hecho, el aumento de la temperatura global podría disminuir la disponibilidad de agua, incluso cuando la precipitación siguiera siendo la misma. Además es probable que pueda alterar la distribución y prevalencia de especies. El cambio climático podría afectar directamente la capacidad fisiológica de una planta invasora para persistir en un lugar determinado, así como alterar las interacciones competitivas con especies nativas.

En Áreas Naturales Protegidas, el número y abundancia de las especies exóticas invasoras es usualmente menor que en los paisajes colindantes dominados por la actividad humana. Sin embargo, la presión de uso y la dispersión de especies exóticas desde estos paisajes antrópicos están aumentando fuertemente (Lonsdale, 1999; Rodgers & Parker, 2003; Pauchard & Alaback, 2004). Hace más de una década, Lonsdale (1999) estimaba que las especies introducidas representaban el 8% de la flora en áreas protegidas. Estudios posteriores indican que estas alcanzan alrededor de entre un 15% a 18% de la flora (Pauchard & Alaback, 2004). Todo indica que aunque las áreas protegidas tengan barreras naturales y humanas que restringen el ingreso de especies exóticas, éstas llegan y se establecen incluso en las áreas más prístinas, pudiendo generar los mismos impactos ya reportados en áreas con mayor perturbación antrópica. Las especies pueden ingresar al área protegida mediante distintas rutas, ya sea directamente en los bordes del áreas protegidas, por los caminos o rutas de acceso o en los lugares de desarrollo dentro de las áreas (por ejemplo pueblos turísticos, centros de visitantes) (Trombulak & Frissell, 2000; Alston & Richardson, 2006). Adicionalmente, cuando un gran número de visitantes arriba a un área protegida desde localidades distantes, ellos podrían actuar como vectores de dispersión intercontinental, trayendo por ejemplo una especie adaptada al ambiente del área (Pauchard *et al.*, 2009).

Los modelos de distribución potencial, sirven de guía hacia sitios específicos donde las especies pueden encontrarse y aún no existen una prueba de su presencia, asimismo ayudan a estimar la diversidad de las Áreas Naturales Protegidas para diseñar y planificar un mejor sistema de protección (Peterson *et al.*, 2000). En cuanto a la información obtenida de la distribución de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas, el mayor número de registros coincidentes, se encuentran en *La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*, seguida de *La Sierra Gorda*, *Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit*, y *Mapimí*. De los resultados obtenidos en cuanto al efecto del cambio climático sobre la distribución potencial de *Sonchus oleraceus*, y su distribución espacial en las Áreas Naturales Protegidas, se observa que en para el año 2050, disminuirá un 51.6%, mientras que en 2080, reducirá un 41.8%; en otras palabras, hablando en Km<sup>2</sup>, la contracción de la distribución de *Sonchus oleraceus* en 2050 será de 27, 993 Km<sup>2</sup> mientras que en 2080 será de 24, 268 Km<sup>2</sup>, con respecto a la distribución actual.

En los mapas de distribución potencial con respecto a las Áreas Naturales Protegidas, se muestra una disminución en ambos escenarios para algunas, mientras que en otras se mantiene, aumentan o se extingue localmente, como es el caso de la Península de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Baja California. De acuerdo con Lonsdale, (1999); Alston y Richardson, (2006), la mayoría de las especies introducidas invasoras están adaptadas a ambientes altamente perturbados, ricos en nutrientes, bajas elevaciones, sitios agrícolas y urbanos, mientras que en las Áreas Naturales se adaptan especialmente en zonas templadas, altas elevaciones y ambientes menos desarrollados, haciéndolas menos susceptibles a las invasiones. Por otro lado Becker *et al.*, (2005), han demostrado que el número de especies invasoras en áreas montañosas decrece fuertemente con la altitud, esto se debería tanto a las barreras climáticas como a las dificultades para la dispersión de las especies en zonas con una menor influencia antrópica. Lamentablemente, el cambio climático y la creciente presión por uso del suelo pueden revertir este escenario, aumentando las probabilidades de que las especies invasoras logren adaptarse a

condiciones climáticas no tan desfavorables, e incrementando su dispersión y por ende su distribución (Pauchard *et al.*, 2009). Pero en el presente estudio ocurre todo lo contrario, ya que la especie, debido a su baja capacidad de invasividad, se verá afectada por el cambio climático, disminuyendo su distribución, por lo que no causará un daño a especies nativas.

En la actualidad, prácticamente todos los países enfrentan problemas causados por las especies exóticas invasoras, por tal motivo es importante encontrar soluciones a esta problemática, ya que las amenazas que representan en la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad son cada vez mayores. En este sentido, en el Plan de Trabajo de la CONANP 2007-2012 se han establecido compromisos por la conservación a fin de lograr la sustentabilidad ambiental con la participación responsable de todos los sectores sociales y hacia una cultura que incluya la protección, el manejo, el aprovechamiento y la restauración de la riqueza natural del país. Así, se considera la implementación del Programa de Acción para la atención de especies exóticas, invasoras y ferales en Áreas Naturales Protegidas de competencia federal. Un ejemplo importante para la utilización de especies de plantas invasoras es la producción de biocombustibles. Las semillas de las plantas exóticas, son ampliamente dispersadas en diferentes ambientes por aves, pequeños mamíferos, e inclusive el humano; lo anterior provoca que el control de estas especies sea muy difícil o prácticamente imposible. Introducir cultivos destinados a la fabricación de combustibles, hará que especies y semillas que antes no se encontraban en esos ecosistemas estén presentes, lo que supone un riesgo de invasión por parte de especies exóticas, con lo que se espera que el costo (traducido en términos ecológicos y económicos) será mayor que el beneficio que se pudiera obtener. No obstante, el uso de biocombustibles en México se ve como una oportunidad para reducir las emisiones de dióxido de carbono y la dependencia por parte de combustibles fósiles por lo que, para el desarrollo de estas técnicas sería conveniente implementar mecanismos en los que se solicite que las especies exóticas utilizadas para la elaboración de biocombustibles cumplan con diversos criterios ambientales como son: que las especies utilizadas sean de baja capacidad de

invasividad, que cuenten con certificados de origen y con garantías de pureza de las semillas, y establecer análisis de riesgo para cada especie, entre otras. La utilización de criterios puede hacer que el uso de biocombustibles no se convierta en un potencial problema ambiental. Entre las especies invasoras cultivadas en otros países para la producción de biocombustibles y que actualmente se encuentran distribuidas en diversas ANPs de México están: *Sonchus oleraceus*, *Arundo donax*, *Cocos nucífera*, *Panicum spp.*, *Prosopis spp.*, *Sorghum halepense*, por mencionar sólo algunos ejemplos, sin embargo hay más de 20 plantas exóticas que se utilizan para este fin (Barney *et al.*, 2008).

## CONCLUSIONES

- La base de datos contó con un total de 551 registros en México y 52, 384 registros en Europa, encontrándose una amplia distribución de la especie en ambos lugares.
- Los resultados muestran una tendencia en general variable, ya sea a expandir y sobre todo a contraer el área de distribución de *Sonchus oleraceus* para los años 2050 y 2080.
- La tendencia variable que presentó *Sonchus oleraceus*, fue que en sitios menos idóneos expandirá su hábitat, aunque la tendencia global del modelo actual a 2050 y 2080, es la contracción.
- La distribución potencial de *Sonchus oleraceus*, se verá afectada por el cambio climático al mostrar una reducción de su área, disminuyendo un 39.42% en 2050 y un 34.6% en 2080.
- La mayor parte de la distribución de *Sonchus oleraceus* con respecto a las Áreas Naturales Protegidas, mostró una tendencia variable, ya sea a expandir y sobre todo a contraer su distribución, mientras que en otras área se mantienen y en algunos casos se extinguen localmente. En general se podría decir que la especie tenderá a contraer su distribución en las Áreas Naturales Protegidas en 2050 y 2080 con respecto al escenario actual.
- El efecto del cambio climático sobre la distribución de *Sonchus oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas, muestra una contracción de su área, disminuyendo un 51.6% en 2050 y un 41.8% en 2080.
- Los resultados nos permiten concluir que debido al bajo grado de invasión de *Sonchus oleraceus* no habrá un efecto nocivo hacia especies nativas en las Áreas Naturales protegidas en México.
- Las proyecciones de nicho ecológico utilizando escenarios de cambio climático con datos confiables permitirán proyectar las áreas de mayor vulnerabilidad a la invasión de grupos particulares de plantas para su control futuro, y establecer prioridades de atención.

- Se recomienda crear y difundir un portal para monitorear y detectar la presencia de especies invasoras en comunidades naturales.
- Es necesario identificar los ecosistemas en los que las especies invasoras han sido detectadas, y usar esta información para predecir su distribución en el país.
- El problema de las invasiones biológicas está lejos de acabarse y lo más probable es que aumente en el próximo siglo. Por esto resulta fundamental incluir este problema, tanto en las agendas de gobierno, como en los programas de educación en forma transversal. Así como se ha hecho con el cambio climático, las invasiones biológicas deben empezar a formar parte de la preocupación no sólo de un grupo de académicos, sino de la sociedad en su conjunto. Es imposible pensar que las áreas protegidas van a seguir aisladas del resto del territorio, especialmente respecto a las invasiones biológicas. Probablemente, el manejo pasivo de las áreas protegidas no va a ser suficiente para afrontar este problema, especialmente si las tasas de intercambio biológico siguen aumentando.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro *et al.*, 2009. Especies exótica invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp.277-318.
- Alston K. P. & Richardson, DM. 2006. The roles of habitat features, disturbance, and distance from putative source populations in structuring alien plant invasions at the urban/wildland interface on the cape peninsula, South Africa. *Biological Conservation*, 132(2):183-198.
- Americanos, P. G. 1996. *Capítulo 15. Raíces y tubérculos. Manejo de malezas para países en desarrollo*. ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 309-315.
- Anderson, R. P., D. Lew & A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211- 232.
- Ballesteros- Barrera, C. 2008. Efecto del cambio climático global en la distribución de especies del Desierto Chihuahuense. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México D.F.
- 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 & N. P. Pavón. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp.89-99.
- Barney, J. N. & J. M. DiTomaso. 2008. Nonnative Species and Bioenergy: Are We Cultivating the Next Invader? *Bioscience* 58 (1): 64-70.
- Becker, T., Dietza, H., Billeter, R., Buschmann, H. and Edwards, PJ. 2005. Altitudinal distribution of alien plant species in the Swiss Alps. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. (7) 173-183.
- Bradley, B. A., Blumenthal D. M., Wilcove D. S., & Ziska L. H. 2010. Predicting plant invasions in an era of global change. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 25 No. 5, pp. 310- 318.
- Bramwell, D. 2007. The response of botanic gardens to climate change. *Journal of Botanic Gardens Conservation International* 4(2): 03-08.

- Bremer, K. 1994. Asteraceae. Cladistics and classification. *Timber Press*. Portland, USA. pp. 752. Unidad Integrada INTA – Balcarce, CC 276, (7620) Balcarce, Argentina. *Agrosur*, Vol. 31 No. 2, 2003, pp. 15-23.
- Butterfield, B. R., B. Csuti & J. M. Scott. 1994. Modeling vertebrate distribution for gap analysis. In: R. I. Miller (ed.). *Mapping the diversity of nature*, pp. 53-68.
- Callaway M. R., T. H. De Luca, & Belliveau M.W. 1999. Biological Control herbivores may increase competitive ability of the Noxious weed *Centaurea maculosa*. *Ecology* 80: 1196-1201.
- Capdevila-Argüelles L., B. Zillett y V.A. Suárez Álvarez. 2011. *Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 146 Pp.
- Carpenter, G. A., N. Gillison & J. Winter. 1993. Domain: a Flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- CDB. 2009. Conferencias de las Partes COP 6, Decisión VI/23: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies. *Convenio sobre Diversidad Biológica*. Disponible en [www.cbd.int/decision/cop/?id=7197](http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197).
- Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 2008. Guía para la Generación de Escenarios de Cambio Climático a escala Regional. México, D.F.: UNAM.
- Chapman, A. D. & J. R. Busby. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. In: R. I. Miller (ed.). *Mapping the diversity of nature*, pp 179-195.
- Chase J. M & M. A. Leibold. 2003. *Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Chornesky, E. A., A. M. Bartuska, G.H. Aplet, K.O. Britton, J. Cummings-Carlson, F.W. Davis, J. Eskow, D.R. Gorson, K.W. Gottschalk, R.A. Haack, A.J. Hansen, R.N. Mack, F.J. Rahel, M.A. Shannon, L.A. Wainger, & T.B. Wigley. 2005. *Science priorities for reducing the threat of invasive species to sustainable forestry*. *Bio. Sci.* 55(4): 335–348.
- Clarke, L., Edmonds J., Krey V., Richels R., Rose S., Tavoni M. 2010. International climate policy architectures: overview of the EMF 22 international scenarios. *Energy Econ* 31(suppl 2):S64–S81
- Clavero, M., L. Brotons, P. Pons y D. Sol. 2009. Prominent role of invasive species in avian biodiversity loss. *Biological Conservation* 142: 2043-2049.

- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México: Prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONABIO, Aridoamérica. 2006. Memoria del taller “Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México”. Ciudad de México, mayo de 2006, pp. 41 y anexos. Conabio, en <http://www.conabio.gob.mx/>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (CONANP). Programa Nacional de Áreas Naturales protegidas. 2007-2012.
- Crick, H. Q. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*. 146:48–56.
- Díaz, J. C., & Labrada, R. 1996. *Capítulo 18. Cultivos Industriales. Manejo de malezas para países en desarrollo*. ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 367-371.
- Díaz, S., J. Fargione, F. S. Chapin III y D. Tilman. 2006. Biodiversity loss threatens human wellbeing. *Public Library of Science Biology* 4(8): e277. doi:10.1371/journal.pbio.0040277.
- DOF. 2000. Acuerdo por el cual se aprueba la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, 17 de agosto de 2000.
- Drake, J. A., H. A. Mooney, F. di Castri, R.H. Groves, F.J. Kruger, M. Rejmánek & M. Williamson (editores). 1989. SCOPE 37. *Biological Invasions. A Global perspective*. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., pp. 525.
- Dukes J. S. & H. A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution*, 14 (4):135-139.
- Elith, J., Phillips J. S., Hastie, T., Dudík, M., En Chee, Y. & Yates C, J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions, A Journal of Conservation Biogeography*. 17: 43-57.
- Espinosa G., F. J. & J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Fondo de Cultura Económica de México. pp. 407.
- ESRI, 2002. ArcView 3.2. ESRI, Redlands, California. Environmental Systems Research Institute.

- GISP. 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras. Disponible en <http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/SAmericaInvaded-ES.pdf>.
- Goldburg, R., & T. Triplett. 1997. *Murky waters: Environmental effects of aquaculture in the United States*. The Environmental Defense Fund, Nueva York.
- Grados J., Ortiz M, S. 2004. Los áfidos (*Homoptera: Aphididae*) y sus hospederos en el monte ribereño del Río Rímac, Lima, Perú. *Revista Peruana de Entomología*. Vol. 44 pp.7-9.
- Grigulis K., S. Lavorel, I.D. Davies, A. Dossantos, F. Lloret & M. Vilà. 2005. Landscape-scale positive feedbacks between fire and expansion of the large tussock grass, *Ampelodesmos mauritanica* in Catalan shrublands. *Global Change Biology*, 11: 1042- 1053.
- Guisan A. y Thuiller W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993- 1009.
- Hijmans, R. T., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International of Climatology* (25), 1965-1978.
- Hiremath A. J., & Sundaram B. 2005. Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges. Ed. Liewellyn C. Foxcroft, Petr Pysek, David M. Richardson, Piero Genovesi. 14: 1127-1141.
- Holm, L., D. Plucknett, J. Pancho y J. Herberger. 1977a. The world's worst weeds: distribution and biology. Univ. Hawaii Press, Honolulu; reimpresso en 1991, Krieger Publ. Co., Malabar, Fl U.S.A., pp. 610.
- Holm, L., J. Doll, E. Holm, J. Pancho, & J. Herberger. 1997b. World weeds. *Natural histories and distribution*. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., pp. 1129.
- Houghton, J., Meira, L., Chander, B., Harris, N., Kattenberg, A. & K. Maskell. 1996. *Climate Change 1995: the science of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huang, C & E. Geiger. 2008. Climate anomalies provide opportunities for large-scale mapping of non-native plant abundance in desert grasslands. *Divers Distrib*. 14:875–884.
- Hutchinson, G. E. 1957. *Concluding remarks*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22: 415-427.

- INE-SEMARNAT. 2006. EL CAMBIO CLIMATICO. El día que me cambio el Clima. México: SEGOB.
- Ingram J. M. 1964. Weed control in potatoes-experiments in Northern Ireland 1963. *Proceedings, 7th British Weed Control Conference* pp 483-486.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 397.
- IPCC, 2002. Cambio Climático y Biodiversidad. Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II del IPCC Gitay, H., Suárez, A. Watson R. y Dokken D. (Editores). Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II del IPCC. IPCC, Ginebra, Suiza.
- 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.
- Janetos, A., L. Hansen., D. Inouye., B. P. Kelly., L. Meyerson., B. Peterson & R. Shaw. 2008. Biodiversity. En: Walsh M. (Edt). The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Washington. Pp. 362.
- Lall M. 1977. Weed management can raise yields in sugarcane. *Indian Farming*, 26 (12): 25.
- Leibold, M. A. & P. Geddes. 2005. El concepto de nicho en las metacomunidades, *Ecología Austral* 15:117-129.
- Lemoine, N., B. Bauer., M. Peintinger & K. Böhning-Gaese. 2007. Effects of Climate and Land-Use Change on Species Abundance in a Central European Bird Community. *Conserv. Biol.* 21:495–503.
- Liao, G., X. Xu., G. Zhou. 2009. Effects of cooked temperatures and addition of antioxidants on formation of heterocyclic aromatic amines in pork floss. *Journal of Food Processing and Preservation*. 33: 159–175.
- Lindenmayer, D. B., H. A. Nix, J. P. McMahon, M. F. Hutchinson & M. T. Tanton. 1991. The conservation of leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.

- Lindenmayer, D. B., G. Mackey & H. A. Nix. 1996. The bioclimatic domains of four species of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Australian Forestry* 59: 74-89.
- Lira, R., O. Téllez & P. Dávila, 2008. The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated Cucurbitaceae. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56: 691-703.
- Lonsdale, W. M. 1999. Concepts and synthesis: global patterns of plant invasions, and the concept of invasibility. *Ecology* 80:1522-1536.
- Markham, A. 1996. Potential impacts of climate change on ecosystems: a review of implications for policymakers and conservation biologist, en *Climate Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 179-191, CR Special
- Midgley, G. F., L. Hannah, D. Millar, M. C. Rutherford & L. W. Powrie. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography*. 11: 445-451.
- Miller A. W., Hewitt C. L., & Ruiz G. M. 2002. Invasion success: does size really matter?. *Ecology letters*, 5: 159-162.
- Monterroso, A., Gómez, J., Tinoco, J. y J. Estrada. 2007. Impacto del cambio climático sobre dos especies representativas del trópico mexicano *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* en la Península de Yucatán. En: I Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. Memorias. Ministerio de Medio Ambiente. Cuba.
- Mooney H. A. & R. J. Hobbs. 2000. Invasive species in a changing world. Island press, Washington D.C. – Covelo California, USA. pp. 457.
- Myers J. H., M. Denoth & J. Shaben. 2004. Invasive Plants: Their Impacts and Control in Changing Environments. En: Proceedings of the Species at Risk 2004 Pathways to Recovery Conference. T.D. Hooper (ed.). (2004). Pp. 1-6. Victoria, B.C.
- Neild R. R. A. y J. H. Proctor 1962. Chemical weed control in potatoes. *Proceedings, 6<sup>th</sup> British Weed Control Conference* pp.697-701.
- Nix, H. A. 1986. BIOCLIM, a bioclimatic analysis and prediction system. CSIRO Division water and Land Resources Research Annual Report. *CSIRO Publishing*, Canberra, Australia.
- Obien, S. R. & A. M. Baltazar. 1978. Weed control in sugarcane in the Philipines. En *Symposium Weed Control in Tropical Crops*, Manila, pp. 45-55.

- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Reviews of Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Pauchard A. & Alaback, PB. 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of south-central Chile. *Conservation Biology* 18:238-248.
- Pauchard A. , Kueffer, C., Dietz, H., Daehler, CC., Alexander, J., Edwards, PJ, Arévalo, JR., Cavieres, LA, Guisan, A., Haider, S., Jakobs, G., Mcdougall, K., Millar, Cl., Naylor, BJ., Parks, CG., Rew, LJ. & Seipel, T. 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and Environments* 7, Doi:10.1890/080072
- Pereira H. C. 1941. Studies in soil cultivation IX. The effect of inter-row tillage on the yield of potatoes. *Journal of Agricultural Science* 31: 212-231.
- Peterson, A. T., S. L. Egbert, V. Sanchez- Cordero & K. P. Price. 2000. Geographic on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Peterson, A. T., S. L. Egbert, V. Sanchez-Cordero & K. P. Price. 2000. Geographic analysis of conservation priorities using distributional modeling and complementary: endemic birds and mammals in Veracruz, México. *Biological conservation* 93: 85-94.
- Peterson, A. T., Oterga-Huerta, M. A., Bartley, J., Sánchez-Cordero V., Soberón, J., Buddemeier, R. H., & D. R. Storchwell. 2002. Future projections for Mexican fauna under global climate change scenarios. *Nature*, 416:626-629.
- Phillips S. J., R. P. Anderson, & R. E. Schapire 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
- Rodgers J. C. & Parker, K. C. 2003. Distribution of alien plant species in relation to human disturbance on the Georgia sea islands. *Diversity and Distributions* 9: 385-398.
- Rzedowski, J. 1972. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México III. Algunas tendencias en la distribución geográfica y ecológica de las Compositae mexicanas. *Cienc. Mex.* 27: 123-132.
- Rzedowski J. & G. Calderón de Rzedowski (eds.) 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. vol.1. compañía editorial Continental, México.
- Rzedowski J. & G. Calderón de Rzedowski (eds.) 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. vol II. Escuela Nacional de Ciencias biológicas e instituto de Ecología. México.

- Rzedowski J. & G. Calderón de Rzedowski 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botánica Mexicana* 12: 21-24.
- Sala, O. E., F. S. I. Chapin, J. J. Armesto, et al. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2010. *Science* 287: 1770-1774.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson & P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. In H. M. Hernández, A. N. García A., F. Álvarez y M. Ulloa (comps.) *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad* pp. 359-379.
- Semarnat. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2001, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo de 2002.
- Singh B. N. 1982. Effect of periodic manual weeding on potato. *Indian Journal of Agronomy* 27: 291-293.
- Smith, N., Mori, A. S., Henderson, A., Stevenson, WM, D., & Heald, V, S. 2004. Flowering plants of the neotropics. Princeton University press, the New York Botanical Garden. Princeton New Jersey. Pp 470-473.
- Soberon, J. & Nakamura, M. 2009. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 19644-19650.
- Stephens R. J. 1962. The control of weeds in potatoes by pre-emergence application of herbicides. *Weed Research* 2: 185-191.
- Stockwell, D. & D. Peters. 1999. The GARP modeling systems: problems & solutions to automated spatial prediction. *Int. J. Geogr. Inf. Science.*, 13:143-158.
- Téllez-Valdés, O., P. Dávila-Aranda. 2003. Protected areas and climate change: a case study of the cacti in the Tehuacan-Cuicatlan biosphere reserve, México. *Conservation Biology* 17(3): 846-853.
- Thakral K. K., M. Pandita y S. C. Khurana 1985. Effect of time of weed removal on growth and yield of potato. En *Abstracts of Papers, Annual Conference of Indian Society of Weed Science*, 1985.
- Thuiller W., D. Richardson & G. F. Midgley. 2007. Will climate change promote alien plant invasions? En: *Biological Invasions*. Nentwig W. (ed.) Pp. 197–211. *Ecological studies*, vol. 193. Springer, Berlin.
- Tripathi B., C.M. Singh & M. Bhargava 1989. Comparative efficacy of herbicides in potato under conditions of North-Western Himalayas. *Pesticides* 23: 37-38.

- Trombulak S. C. & Frissell, CA. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1): 18-30.
- Villaseñor, J. L. 1993. La familia Asteraceae en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 44: 117-124.
- Villaseñor, J. L., & F.J. Espinosa-García. 1998. *Catálogo de malezas de México*. Ediciones Científicas Universitarias, UNAM, -Fondo de Cultura Económica, México.
- Villaseñor, R, J. L., Espinosa García, F. J. 2000. Malezas introducidas en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. U024. México D. F.
- Villaseñor, J. L., O. Téllez- Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología. Uiversidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica.* 75(2) pp. 205-220.
- Vitousek, P., D´Antonio, C.M., Loope, L.L., & Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84, 468-478
- Vitousek, P. M., J. Aber, R. W. Howarth, G. E. Likens, P. A. Matson, D. W. Schindler, W. H. Schlesinger, & G.D. Tilman. 1997. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences, *Issues in Ecology* No. 1.
- Westbrooks, R. 1998. Invasive plants: changing the landscape of America: factbook. Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds (FICMNEW), Washington, D.C., U.S.A. pp. 109.
- Zaragoza, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 309-315; 367-371.
- Zavaleta E. S. & K. B. Hulvey. (2004). Realistic species loss disproportionately reduces grassland resistance to biological invaders. *Science*, 306: 1175-1177.

## Páginas web

[http://www.cbd.int/decision/ cop/?id=7197.](http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197)

<http://www.conabio.gob.mx/>

[http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib\\_esp.html](http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html)

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/sonchus-oleraceus/fichas/ficha.htm>

<http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0b.htm>

<http://www.gbif.org>

<http://www.ipcc.ch/>

[http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/SAmericaInvaded-ES.pdf.](http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/SAmericaInvaded-ES.pdf)

<http://www.tropicos.or>

## ANEXO

**Cuadro 16. Efecto del Cambio Climático de *S. oleraceus* en relación a las Áreas Naturales Protegidas**

*Está presente*   
 --- *Desaparece*   
  *(+) Presente-aumenta su distribución*   
  *(-) Presente-disminuye su distribución*  
 *(■) Presente-mantiene su distribución*

<i>Áreas Naturales Protegidas</i>		<i>Modelo de Cambio Climático</i>		
<i>Reservas</i>	<i>Estado</i>	<i>Actual</i>	<i>2050</i>	<i>2080</i>
<b><i>Reservas de la Biosfera (RB)</i></b>				
<i>Archipiélago de Revillagigedo</i>	<i>Península de Baja California y Pacífico Norte</i>	✓	---	✓ (-)
<i>Barranca de Metziitlán</i>	<i>Hidalgo</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Calakmul</i>	<i>Campeche</i>	✓	---	---
<i>Chamela-Cuixmala</i>	<i>Jalisco</i>	✓	---	---
<i>El Triunfo</i>	<i>Chiapas</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>El Vizcaíno</i>	<i>Baja California Sur</i>	✓	---	✓ (-)
<i>Isla Guadalupe</i>	<i>Baja California</i>	✓	✓ (-)	---
<i>Isla San Pedro Mártir</i>	<i>Sonora</i>	✓	---	---
<i>Islas Marías</i>	<i>Nayarit</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>La Michilía</i>	<i>Durango</i>	✓	✓ (+)	✓ (+)
<i>La Sepultura</i>	<i>Chiapas</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Lacan-Tun</i>	<i>Chiapas</i>	✓	---	---

Los Petenes	Campeche	✓	---	---
Mapimí	Coahuila, Durango, Chihuahua	✓	---	✓ (+)
Mariposa Monarca	Estado de México, Michoacán	✓	✓ (-)	✓ (-)
Montes Azules	Chiapas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Ría Celestún	Campeche, Yucatán	✓	---	---
Ría Lagartos	Quintana Roo, Yucatán	✓	---	---
Selva El Ocote	Chiapas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sian Ka'an	Quintana Roo	✓	---	---
Sierra de Huautla	Morelos	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra de Manantlán	Colima, Jalisco	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra Gorda	Querétaro	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra Gorda de Guanajuato	Guanajuato	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra La Laguna	Baja California Sur	✓	✓ (-)	✓ (-)
Tehuacán-Cuicatlán	Oaxaca, Puebla	✓	✓ (-)	✓ (-)
Volcán Tacaná	Chiapas	---	---	✓ (+)
Zicuirán-Infiernillo	Michoacán	✓	✓ (-)	✓ (-)
<b><u>Parques Nacionales (PN)</u></b>				
Bahía de Loreto	Baja California Sur	✓	✓ (-)	✓ (-)
Barranca del Cupatitzio	Michoacán	✓	✓ (■)	✓ (+)
Benito Juárez	Oaxaca	✓	✓ (■)	✓ (■)
Bosencheve	Estado de México, Michoacán	✓	✓ (-)	✓ (+)
Cabo Pulmo	Baja California Sur	✓	✓ (+)	✓ (+)
Cañón del Río Blanco	Veracruz	✓	✓ (-)	✓ (+)
Cañon del Sumidero	Chiapas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Cerro de Garnica	Michoacán	✓	✓ (+)	✓ (■)

<i>Cerro de la Estrella</i>	<i>Distrito Federal</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Cerro de Las Campanas</i>	<i>Querétaro</i>	✓	---	✓ (■)
<i>Cofre de Perote o Nauhcampatépetl</i>	<i>Veracruz</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Cumbres de Monterrey</i>	<i>Nuevo León</i>	✓	✓ (+)	✓ (-)
<i>Cumbres del Ajusco*</i>	<i>Distrito Federal</i>	---	✓ (+)	✓ (+)
<i>Desierto de los Leones</i>	<i>Distrito Federal</i>	✓	✓ (+)	✓ (+)
<i>Desierto del Carmen o de Nixcongo</i>	<i>Estado de México</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Dzibilchantún</i>	<i>Yucatán</i>	✓	---	---
<i>El Chico</i>	<i>Hidalgo</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>El Cimatario</i>	<i>Querétaro</i>	✓	✓ (-)	✓ (■)
<i>El Histórico Coyoacán</i>	<i>Distrito Federal</i>	✓	---	✓ (■)
<i>El Potosí</i>	<i>San Luis Potosí</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>El Tepeyac</i>	<i>Distrito Federal</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>El Tepozteco</i>	<i>Morelos, Distrito Federal</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Fuentes Brotantes de Talpan*</i>	<i>Distrito Federal</i>	---	✓ (+)	✓ (+)
<i>General Juan Álvarez</i>	<i>Guerrero</i>	✓	✓ (■)	✓ (-)
<i>Gogorrón</i>	<i>San Luis Potosí</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Grutas de Cacahuamilpa</i>	<i>Guerrero</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Insurgente José María Morelos</i>	<i>Michoacán</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla</i>	<i>Distrito Federal, Estado de México</i>	✓	✓ (+)	✓ (+)
<i>Iztaccíhuatl-Popocatepetl</i>	<i>Estado de México, Morelos, Puebla</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl</i>	<i>Puebla, Tlaxcala</i>	✓	✓ (-)	✓ (-)
<i>Lagunas de Montebello</i>	<i>Chiapas</i>	✓	✓ (-)	✓ (+)
<i>Lagunas de Zempoala</i>	<i>Estado de México, Morelos</i>	✓	✓ (-)	✓ (+)
<i>Lomas de Padierna</i>	<i>Distrito Federal</i>	✓	✓ (+)	✓ (+)

Los Mármoles	Hidalgo	✓	✓ (-)	✓ (■)
Los Remedios	Estado de México	✓	✓ (+)	✓ (■)
Molino de Flores Netzahualcóyotl	Estado de México	✓	---	✓ (■)
Pico de Orizaba	Puebla, Veracruz	✓	✓ (-)	✓ (-)
Rayón	Michoacán	---	✓ (+)	---
Sacromonte	Estado de México	✓	✓ (+)	---
Sierra de Órganos	Zacatecas	✓	✓ (+)	✓ (■)
Tula	Hidalgo	✓	✓ (+)	✓ (■)
Volcán Nevado de Colima	Colima, Jalisco	✓	✓ (-)	✓ (-)
Xicoténcatl	Tlaxcala	✓	✓ (-)	✓ (-)
Zona marina del Archipiélago de Espíritu Santo	Baja California Sur	✓	✓ (-)	✓ (-)
<b><u>Monumentos Nacionales (MN)</u></b>				
Bonampak	Chiapas	✓	✓ (-)	---
Cerro de la Silla	Nuevo León	✓	✓ (+)	✓ (+)
Yagul	Oaxaca	✓	✓ (■)	✓ (■)
<b><u>Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN)</u></b>				
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón	Aguascalientes, Zacatecas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín	Coahuila	✓	✓ (-)	✓ (-)
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 026 Bajo Río San Juan	Coahuila, Nuevo León	✓	✓ (+)	✓ (-)
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit	Zacatecas, Durango, Jalisco, Nayarit, Aguascalientes	✓	✓ (+)	✓ (+)
Zona de Protección Forestal en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas	Chiapas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	Estado de México	✓	✓ (-)	✓ (-)
Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Hidalgo, Puebla	✓	✓ (-)	✓ (+)

**Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF)**

Bala'an K'aax	Quintana Roo	✓	---	---
Balandra	Baja California Sur	✓	✓ (-)	✓ (-)
Boquerón de Tonalá	Oaxaca	✓	✓ (+)	✓ (+)
Cabo San Lucas	Baja California Sur	✓	✓ (+)	✓ (+)
Ciénegas del Lerma	Estado de México	✓	✓ (-)	✓ (-)
Corredor Biológico Chichinautzin	Morelos	✓	✓ (-)	✓ (-)
Cuatrociénegas	Coahuila	✓	---	✓ (-)
El Jabalí	Colima	✓	✓ (-)	✓ (■)
Islas del Golfo de California	Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora	✓	✓ (-)	✓ (-)
La Primavera	Jalisco	✓	✓ (-)	✓ (-)
Laguna de Términos	Campeche	✓	---	---
Meseta de Cacaxtla	Sinaloa	✓	✓ (-)	---
Nahá	Chiapas	✓	✓ (-)	✓ (-)
Nevado de Toluca	Estado de México	✓	✓ (+)	✓ (+)
Ocampo	Coahuila	✓	---	---
O'toch Ma'ax Yetel Kooh	Quintana Roo, Yucatán	✓	---	---
Pico de Tancítaro	Michoacán	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Sonora	---	✓ (+)	✓ (+)
Sierra de Álvarez	San Luis Potosí	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra de Quila	Jalisco	✓	✓ (-)	✓ (-)
Sierra La Mojonera	San Luis Potosí, Zacatecas	✓	✓ (+)	✓ (-)
Tutuaca*	Chihuahua	---	---	✓ (+)
Valle de los Cirios	Baja California	✓	---	---
Yum Balam	Quintana Roo	✓	---	---

<b>Cerro Mohinora*</b>	<b>Chihuahua</b>	---	---	✓ (+)
<b><u>Santuarios Naturales (SN)</u></b>				
<b>Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos</b>	<b>Yucatán</b>	✓	---	---
<b>Playa Cuitzmala</b>	<b>Jalisco</b>	✓	---	---
<b>Playa de Maruata y Colola</b>	<b>Michoacán</b>	✓	---	---
<b>Playa de Mismaloya</b>	<b>Jalisco</b>	✓	---	---
<b>Playa El Verde Camacho</b>	<b>Sinaloa</b>	✓	---	---
<b>Playa Teopa</b>	<b>Jalisco</b>	✓	---	---
<b>Las Huertas</b>	<b>Morelos</b>	✓	---	---