

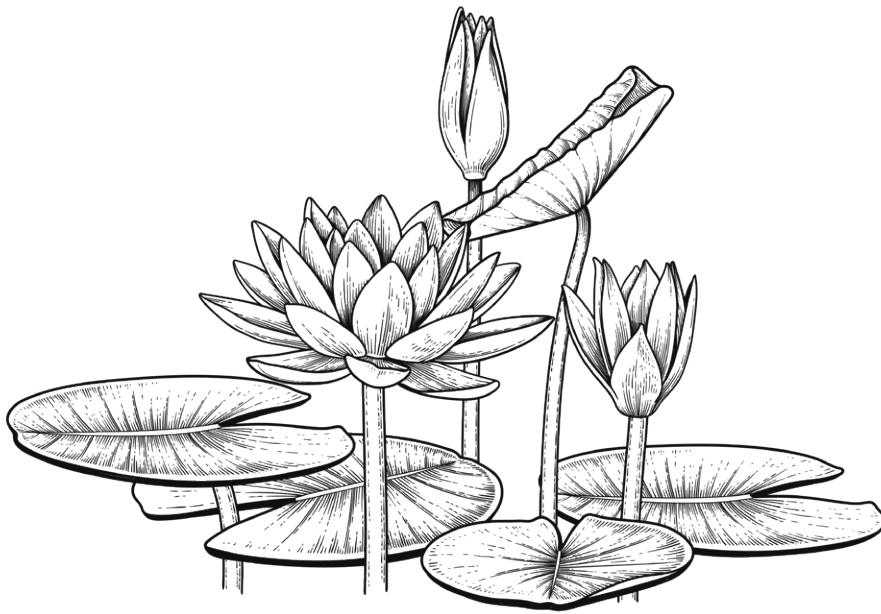
INVASIONES BIOLÓGICAS EN LA ERA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

PABLO SILLER CLAVEL*, ERNESTO I. BADANO**, NATHALIE
S. HERNÁNDEZ QUIROZ*



*Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.
**Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.,
San Luis Potosí, México.
Contacto: nhernandez@uach.mx





Las invasiones biológicas resultan de la movilización de organismos, desde su región de origen hacia nuevas áreas donde nunca antes estuvieron presentes, mediante las actividades humanas. Actualmente, las invasiones biológicas constituyen una de las mayores amenazas para la biodiversidad del planeta, habiéndose documentado que sus efectos negativos sobre otras especies pueden potenciarse con el cambio climático. Sin embargo, los procesos que desencadenan las invasiones biológicas y los riesgos que representan para el bienestar de los ecosistemas y los seres humanos no han sido completamente socializados. Por lo tanto, entender qué son las invasiones biológicas y la manera en que los seres humanos las promueven es crítico para lograr su control, manejo y erradicación con una perspectiva que incluya a la sociedad como un agente clave que interviene en todos esos procesos.

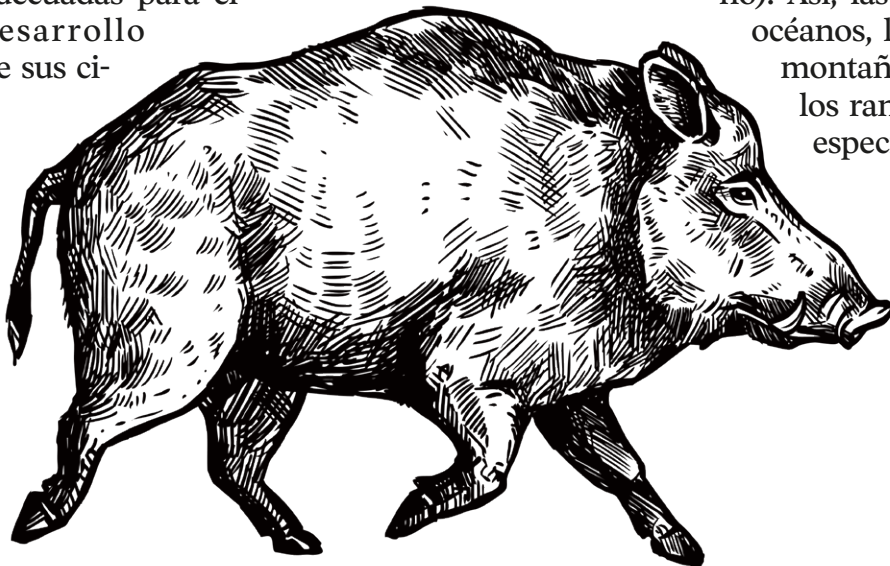


¿QUÉ SON LAS INVASIONES BIOLÓGICAS?

Para comprender los procesos de invasión biológica y sus efectos sobre el medio ambiente, primero es necesario comprender que las especies se mueven a través del espacio físico de manera natural. Para esto emplean diferentes mecanismos de dispersión, lo que les permite alcanzar sitios donde no estaban antes presentes y colonizarlos. Por ejemplo, los vertebrados terrestres poseen la capacidad de caminar o volar, que constituyen mecanismos de dispersión mediante los cuales alcanzan nuevos sitios para alimentarse y reproducirse. Lo mismo ocurre con las plantas que, aunque son organismos sésiles (no pueden moverse a través del espacio), sus propágulos (semillas o esporas) pueden dispersarse a largas distancias de los organismos que les dieron origen. Así, las especies se mueven a través del espacio y establecen poblaciones en todos los sitios que les ofrezcan condiciones adecuadas para el desarrollo de sus ci-

clos de vida. Esto último define el “rango de distribución” de cada especie, el cual comprende todos los sitios que puede alcanzar y colonizar mediante sus capacidades de dispersión.

La capacidad de dispersión de las especies, sin embargo, es limitada. Por ejemplo, aunque muchas especies tienen una alta movilidad, sus rangos de distribución suelen estar restringidos a áreas específicas mediante barreras naturales que no pueden superar por sus propios medios. Éste es el caso de muchas especies de vertebrados e insectos que son endémicos de algunas islas (sólo están presentes en esos sitios), cuyos rangos de distribución están limitados por la línea de costa, debido a que sus capacidades de dispersión no les permiten abandonar esos sitios (por ejemplo, no pueden nadar largas distancias en el océano). Así, las barreras naturales, como océanos, líneas de costa y cordones montañosos, imponen límites a los rangos de distribución de las especies.



Las actividades humanas han alterado profundamente los rangos de distribución de muchas especies, movilizándolas desde áreas geográficas donde son nativas hacia sitios que no pueden alcanzar usando sus capacidades naturales de dispersión. Esto es lo que define a una “especie exótica”. Formalmente, las especies exóticas se definen como organismos que han sido movilizados mediante las actividades humanas desde su región de origen, donde forman parte de la biota nativa, hacia zonas donde nunca antes estuvieron presentes. Estas introducciones de especies pueden ocurrir de manera intencional o accidental. Las introducciones intencionales ocurren cuando el hombre moviliza deliberadamente las especies, ya sea para fines de alimentación (por ejemplo, granos y ganado) o culturales (por ejemplo, animales de compañía o plantas ornamentales). Las introducciones accidentales, en cambio, ocurren sin que exista un propósito detrás de las mismas, donde los organismos adultos o sus propágulos viajan como “polizones” junto con el hombre (por ejemplo, costales de granos de cultivo contaminados con semillas de otras especies de plantas). Así, las actividades humanas permiti-



ten que muchas especies superen las barreras naturales que restringen sus rangos de distribución, movilizándolas hacia sitios que no pudieran alcanzar mediante sus capacidades naturales de dispersión.

Esta movilización de plantas y animales, entre muchos otros organismos, solamente constituye el primer paso de las invasiones biológicas. Según Richardson *et al.* (2000), para que los procesos de invasión realmente ocurran, las especies exóticas deben ser capaces de desarrollar su ciclo de vida en la nueva región a la que arribaron, sin mayor intervención del hombre. Así, una vez superadas las barreras geográficas, el siguiente paso hacia una invasión biológica es que estas especies toleren las condiciones ambientales que les presentan los sitios donde fueron introducidas porque, de no ser así, no sobrevivirían.

En este sentido, cabe destacar que muchas especies exóticas sobreviven en sus sitios de introducción porque su existencia está subsidiada por intervenciones humanas.

Éste es el caso de muchas plantas ornamentales y mascotas exóticas, las cuales solamente existen en los sitios donde son introducidas porque el hombre las alimenta, las resguarda de condiciones ambientales extremas y las protege de depredadores y competidores, pero mueren si estos cuidados se suprimen. En cambio, para que una invasión biológica ocurra, las especies exóticas deben sobrevivir en los sitios de introducción por sus propios medios, sin asistencia humana. Aquellas especies exóticas que logran sobrevivir, además, deben de reproducirse y dejar des-



cendencia fértil para avanzar hacia el proceso de invasión biológica. Esto les permite desarrollar una población viable en el sitio donde fueron introducidas (es decir, generan una población que se sustenta en el tiempo por sí misma, sin intervención humana) y aquéllas que logran alcanzar esta etapa formalmente se denominan “especies naturalizadas”, pero aún no constituyen una invasión biológica como tal.

Las invasiones biológicas ocurren solamente cuando aquellas especies que se han naturalizado son capaces de dispersarse por sus propios medios más allá de sus sitios de introducción, colonizando así aquellos hábitats que sean favorables para desarrollar su ciclo de vida y expandiendo sus poblaciones a través de la nueva región donde están presentes. De esta manera, la única etapa del proceso de invasión biológica en el cual interviene el hombre es la propagación de las especies hacia nuevas áreas geográficas, mientras que el resto del proceso de invasión depende de las características propias de cada especie.

¿POR QUÉ NOS DEBEN PREOCUPAR LAS INVASIONES BIOLÓGICAS?

Las invasiones biológicas constituyen un riesgo para la biodiversidad del planeta porque las especies exóticas pueden desplazar a las nativas de los ecosistemas mediante una gran variedad de procesos. Uno de ellos es la competencia por recursos, que ocurre cuando las especies invasoras son más eficientes que las nativas para explotar los recursos disponibles en el ambiente (por ejemplo, el alimento, en el caso de los animales, o los recursos minerales del suelo, en el caso de las plantas), lo que resulta en la exclusión de estas últimas de los hábitats donde residen.

Otro proceso mediante el cual las invasiones biológicas pueden reducir la biodiversidad es la depredación, que ocurre cuando las especies invasoras consumen a las nativas, reduciendo la abundancia de estas últimas en los sistemas naturales y pudiendo llegar a extinguirlas por sobreexplotación (Bellard *et al.*, 2016). Adicionalmente, las invasiones biológicas pueden generar brotes de enfermedades, como ocurre cuando la especie invasora es un parásito que infecta a las especies nativas y causa su muerte. Éstas, entre muchas otras interacciones que se entablan entre especies invasoras y las nativas, hacen que las especies



exóticas sean una amenaza para la biodiversidad de las nuevas áreas donde son introducidas. Esta pérdida de biodiversidad atribuible a las invasiones biológicas pone en peligro el bienestar de las poblaciones humanas y, a continuación, se explicará cómo ocurre esto.

En los ecosistemas ocurren de manera constante flujos de materia y energía entre sus compartimentos bióticos (las especies) y abióticos (el medio físico; por ejemplo, en ecosistemas terrestres, éste se compone por la atmósfera y el suelo). Estos flujos de materia y energía se denominan “funciones ecosistémicas” y resultan de cualquier interacción que se presente entre las especies que componen la biota de los ecosistemas (por ejemplo, la com-

petencia y la depredación, entre otras) o entre las especies y los componentes abióticos de los ecosistemas (por ejemplo, la fijación de carbono y la liberación de oxígeno que resultan de los procesos fotosintéticos que realizan las plantas usando luz solar y dióxido de carbono atmosférico).

Debido a que el número de componentes abióticos de los ecosistemas es invariante (por ejemplo, en todos los ecosistemas terrestres siempre hay suelo y atmósfera), la cantidad de funciones ecosistémicas que se desarrollan en ellos depende casi exclusivamente de la cantidad de especies que contengan. Puesto en otras palabras, mientras mayor sea la diversidad de especies que residen en un ecosistema, mayor será la cantidad de interacciones que se desarrollen entre ellas y con el medio físico, lo que resulta en un mayor número de funciones ecosistémicas.

Muchas funciones ecosistémicas tienen un valor agregado para los seres humanos porque de ellas dependen nuestras actividades y, en última instancia, nuestra propia existencia. Estas funciones ecosistémicas se denominan “servicios ambientales”, entre los cuales se pueden destacar la captura y aprovisionamiento de agua dulce, el almacenamiento de carbono, la prevención de la erosión de los suelos, la protección contra inundaciones y la provisión de materias primas y alimentos. Así, si los servicios ambientales son funciones ecosistémicas cuya cantidad y calidad dependen de la biodiversidad, cualquier factor que reduzca la biodiversidad terminará causando una reducción global del funcionamiento ecosistémico que nos provee de dichos servicios.

En este contexto, las extinciones de especies mediadas por las invasiones biológicas pueden conllevar la pérdida de servicios ambientales y, en consecuencia, una disminución del bienestar general de las poblaciones humanas.



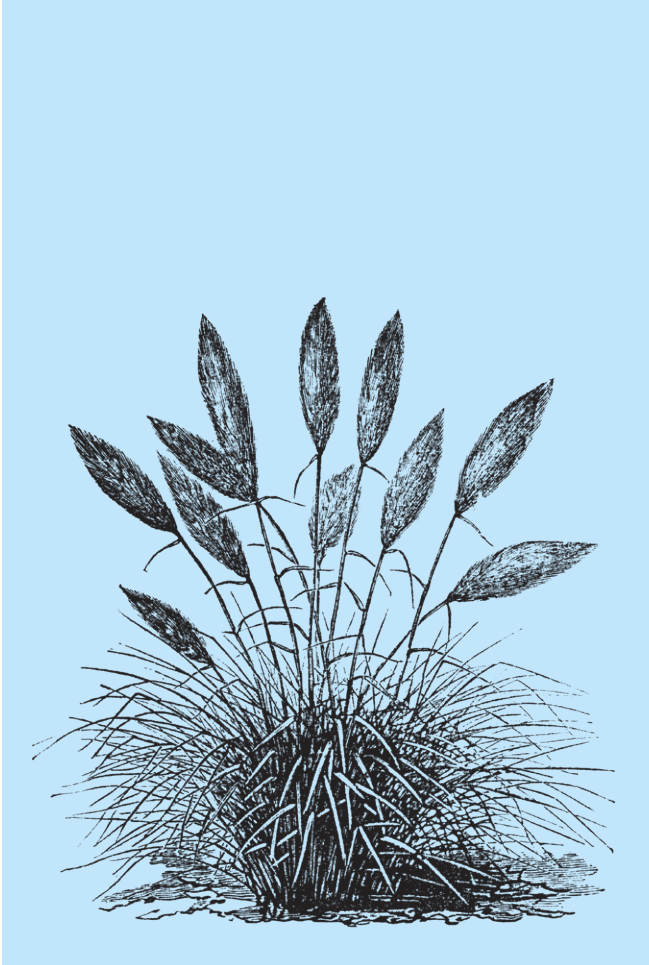
¿CÓMO SE RELACIONAN LAS INVASIONES BIOLÓGICAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO?

En 2021 se publicó el Sexto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas, que se compone de una serie de documentos donde se reportan los resultados de evaluaciones científicas, técnicas y socioeconómicas sobre las causas y consecuencias de este fenómeno global (IPCC, 2021). Ese año también se llevó a cabo la 26^a Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se reúnen representantes de diversos países para analizar los problemas derivados del calentamiento global y proponer alternativas para mitigarlo.

En ambos casos se ha concluido que nuestro planeta se encuentra cerca de alcanzar un punto crítico de “no retorno” donde, de superarse un límite de aumento en la temperatura de 1.5°C, será muy difícil revertir el proceso de calentamiento global. Asimismo, estimaciones que se reportan en el sexto informe indican que para finales de este siglo se espera un

aumento de la temperatura de la superficie terrestre de entre 2.6 y 4.8°C, lo que provocará modificaciones en los patrones globales de precipitación, causando sequías extremas en muchos lugares del mundo.

Estos cambios en los regímenes climáticos desencadenarán condiciones adversas para ecosistemas y muchas especies. Aunque se espera que ocurra lo mismo con muchas especies invasoras, también se ha propuesto que algunas de ellas pudieran beneficiarse con el cambio climático debido a su elevada tolerancia a altas temperaturas y a la sequía, creando oportunidades para su dispersión y establecimiento en nuevas regiones (expansión de sus rangos de distribución). Así, el cambio climático podría facilitar las invasiones biológicas, a medida que la composición de las comunidades de especies cambie, debido al estrés climático en las especies nativas y propiciando que las especies introducidas con tendencias invasoras sean dominantes.



Esto pudiera generar una sinergia entre el cambio climático y las invasiones biológicas que reduciría la biodiversidad de los ecosistemas de manera mucho más dramática de la que causarían estos dos factores por separado. Por ejemplo, aumento en los valores mínimos y máximos de temperatura, alteraciones en la estacionalidad de la temperatura y cambios en la precipitación propician eventos de sequía e incendios que son de los principales conductores de daños en pastizales. Aunado a la invasión de especies como *Imperata cylindrica*, *Bromus tectorum*, *Cenchrus ciliaris*, reportadas como altamente inflamables, se espera que ambos factores tengan alteraciones sustanciales en la composición, distribución y abundancia de especies en estos ecosistemas (Simpson *et al.*, 2015).

De la misma manera, cambios en la cobertura vegetal en conjunto con eventos con mayor intensidad de lluvias propiciarán un aumento la tasa de erosión de suelos. Así, la pérdida de pastizales conlleva a la pérdida de grandes sumideros de carbono almacenado en el suelo y raíces de especies, así como de polinizadores y de vida silvestre. Por lo tanto, estimar la actual distribución de las especies invasoras y predecir la manera en que el cambio climático puede afectar sus rangos de distribución en el futuro es fundamental para prevenir la pérdida de biodiversidad y de servicios ambientales.

El avance de las tecnologías informáticas permite predecir cómo cambiarán los rangos de distribución de las especies invasoras conforme avance el cambio climático. Para esto se utilizan técnicas de computación intensiva mediante las cuales se generan modelos estadísticos que permiten estimar con elevada exactitud la probabilidad de encontrar a la especie objetivo en un punto determinado del espacio geográfico en función de condiciones climáticas que éste presenta en la actualidad (Elith *et al.*, 2011).

Así, la expresión espacial de estos modelos son mapas que ilustran el rango de distribución potencial que la especie tiene en una

región de interés. Asimismo, la proyección de esos modelos sobre escenarios climáticos futuros permite predecir la manera en que la especie se distribuirá conforme aumente la temperatura o disminuya la precipitación en el futuro.

En México, este tipo de investigaciones están siendo desarrolladas mediante la colaboración de investigadores de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. El objetivo de los investigadores es determinar los rangos de distribución de las principales especies de plantas invasoras reportadas en el territorio nacional para la toma de decisiones que permitan mitigar las consecuencias de estos procesos, tanto en la actualidad como en el futuro. Sobre esta base, uno de los principales grupos de interés son los pastos invasores presentes en el país (familia *Poaceae*), ya que representan una fuerte amenaza para especies nativas y procesos ecológicos debido a sus elevadas tasas de propagación hacia nuevos sitios. Sin embargo, aun trabajando con especies que están estrechamente relacionadas en términos taxonómicos, los resultados obtenidos a la fecha son contrastantes.

Como ejemplo de estos contrastes se pueden presentar los casos de *Cortaderia selloana* y *Rottboellia cochinchinensis*, comúnmente conocidos como zacate de la pampa y gramínea caminadora, respectivamente. El pasto de pampas se ha utilizado principalmente como ornamental, sin embargo, debido a características como la alta tolerancia a sequías y tolerancia a diferentes tipos de suelo se ha dispersado a nuevos sitios. No obstante, los modelos de distribución para esta especie muestran un potencial de invasión limitado, ya que se estima que actualmente cubre una superficie de 135,614 km² (alrededor de 6% de la superficie de México; véase figura 1). A futuro se estima que su distribución cambie, disminuyendo hasta cubrir únicamente 46,332 km², debido a efectos del cambio climático (véase la figura 2).

Caso contrario ocurre con la gramínea caminadora, que de cubrir actualmente una superficie de 95,924 km² (véase figura 3) aumentará su distribución 71% (164,410 km²; véase figura 4). Este pasto es originario de Asia tropical; aunque se tiene reporte de uso para el control de erosión, su invasión afecta las plantaciones tropicales (mango, plátano, camote, entre otros). Además, los tricomas de la especie causan hinchazón en personas y animales, lo que puede causar infecciones.

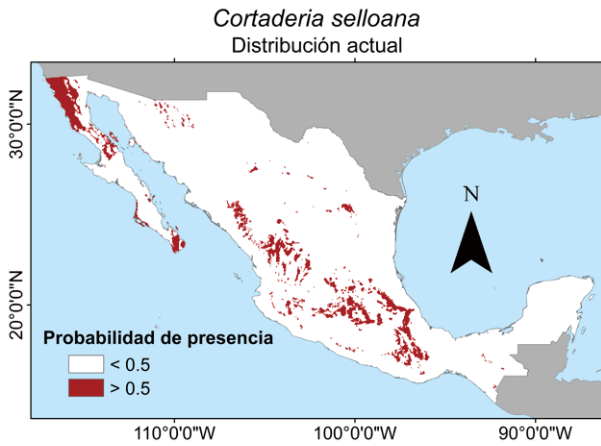


Figura 1. Distribución potencial de *Cortaderia selloana* actual.

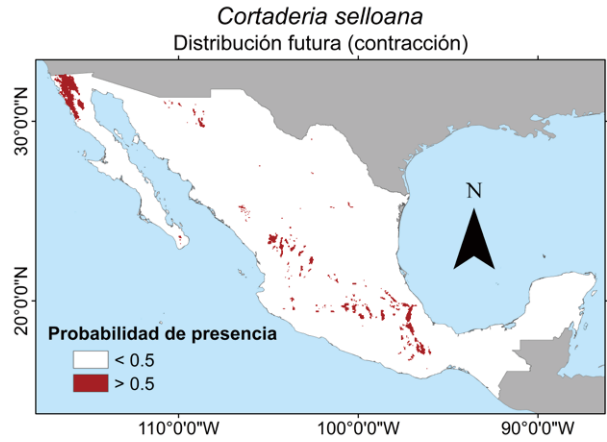


Figura 2. Distribución potencial de *Cortaderia selloana* para el periodo 2021-2040.

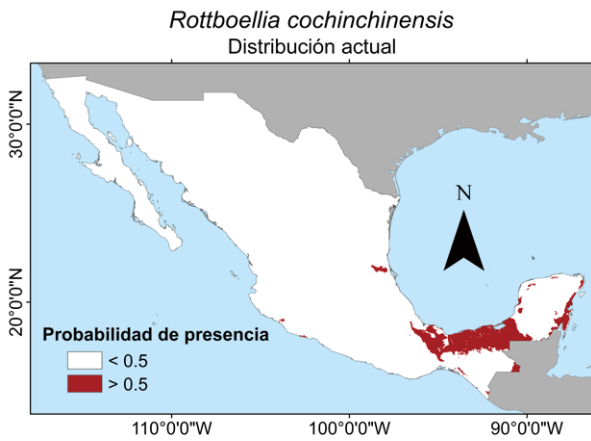


Figura 3. Distribución potencial de *Rottboellia cochinchinensis* actual.

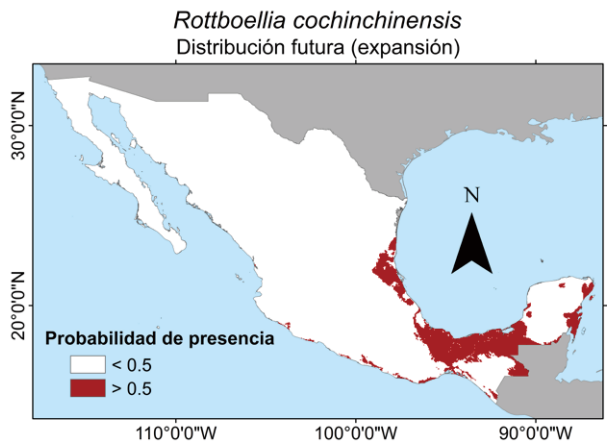


Figura 4. Distribución potencial de *Rottboellia cochinchinensis* para el periodo 2021-2040.

CONCLUSIÓN

Las invasiones biológicas pueden alterar la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que la biodiversidad de especies provee al ser humano. Adicionalmente, el cambio climático estima proyecciones a futuro poco favorecedoras para las especies nativas. Por lo anterior, y debido a que las invasiones biológicas responden a diversos aspectos (bióticos y abióticos), entender y predecir los patrones de distribución y cómo el cambio climático influye en las invasiones biológicas es crítico.

Lo anterior, con la finalidad de identificar áreas potenciales a invasión, que después, mediante la implementación de programas pertinentes, permitan controlar, manejar y erradicar, con una perspectiva que incluya a la sociedad como un agente clave que interviene en todos esos procesos, la invasión de especies.

AGRADECIMIENTOS

A Prodep por el “Apoyo a la reincorporación de exbecarios Prodep” para el desarrollo del proyecto “Modelación de áreas vulnerables a invasión de gramíneas exóticas en México”, dentro de la convocatoria de Prodep 2019 (OF-19-8803), con clave UACH-EXB-250, a cargo de la Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz.

Al Fondo Sectorial de Investigación Ambiental Semarnat-Conacyt, por el desarrollo del proyecto “Modelos de distribución y protocolos experimentales para analizar el efecto del cambio climático sobre la distribución de plantas invasoras en México”, con clave FSSE-MARNAT01-C-2018-1-A3-S-80837, a cargo del Dr. Ernesto I. Badano.

REFERENCIAS

- Bellard, C., Cassey, P., y Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol. Lett.* 12:20150623. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., *et al.* (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17:43-57.
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, *et al.* (eds.): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. In Press.
- Richardson, D.M., *et al.* (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 6:93-107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Simpson, K., Ripley, B., Christin, P.A., *et al.* (2015). Determinants of flammability in savanna grass species. *Journal of Ecology*. 104. n/a-n/a. 10.1111/1365-2745.12503.