

Informe final* del Proyecto JE004
Distribución, abundancia y efectos nocivos de tres especies de plantas invasoras

Responsable: Dra. Karina Boege Paré
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ecología
Departamento de Ecología Evolutiva
Dirección: Av. Universidad #3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510.
Correo electrónico: kboege@servidor.unam.mx
Teléfono/Fax: 5622-9026
Fecha de inicio: Enero 15, 2011.
Fecha de término: Julio 8, 2014.
Principales resultados: Base de datos, hojas de cálculo, cartografía, fotografías, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Del-Val, E. y L. Sevillano. 2015. Distribución, abundancia y efectos nocivos de tres especies de plantas invasoras. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. **Informe final *Tamarix ramosissima* SNIB-CONABIO, proyecto No. JE004.** Ciudad de México.

Resumen:

Las especies invasoras son hoy en día una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad a nivel mundial, y sin embargo, en México contamos con muy poca información sobre los efectos concretos que tienen las especies de plantas invasoras sobre la diversidad de especies nativas. Es por esto que esta propuesta de investigación plantea generar información detallada sobre la distribución, abundancia y los efectos sobre la biodiversidad, de tres especies invasoras con historia de vida, tipos de dispersión y hábitats constringentes: la gramínea *Cenchrus ciliaris* presente en gran parte del territorio del país y muy predominante en zonas áridas; el árbol *Tamarix ramosissima*, que se ha expandido en diversas zonas riparias, principalmente del norte del país; y la orquídea *Oeceoclades maculata*, presente en varios ecosistemas tropicales del sureste mexicano. Como productos de este proyecto, se obtendrán bases de datos con los registros georreferenciados de cada una de las especies, así como información referente a su abundancia, densidad y efectos en la flora local. Por otro lado, se generarán mapas de la distribución de la orquídea *O. maculata* en el territorio nacional y de *C. ciliaris* y *T. ramosissima* en el estado de Sonora. Finalmente, también se generarán informes técnicos y publicaciones científicas con la información obtenida.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Identificación de estrategias para controlar el crecimiento poblacional de la especie invasora *Tamarix ramosissima* (Tamaricaceae) en el norte de México

Informe final del proyecto

Lucero Sevillano y Ek del Val

Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores amenazas a la pérdida de biodiversidad a nivel global es la presencia de especies invasoras (Sala et al. 2000). En México hay aproximadamente 800 especies invasoras, 83% de las cuales son plantas terrestres (Aguirre Muñoz et al. 2009). Las consecuencias de las plantas invasoras no sólo se reflejan en la pérdida directa de biodiversidad sino también en la alteración de procesos naturales en los ecosistemas. Por ejemplo, se ha demostrado que las especies invasoras pueden alterar procesos geomorfológicos (i.e. la tasa de erosión), ciclos hidrológicos y biogeoquímicos (i.e. las características químicas del suelo y el agua), así como alterar regímenes naturales de disturbio (Gordon 1998). Además de alterar los ecosistemas, las especies invasoras han tenido consecuencias a nivel económico y social (Mooney and Hobbs 2000).

Una de las características que nos permiten considerar a una especie como invasora es que sus poblaciones son grandes y crecen rápidamente. En México, no se conoce cuál es la distribución, el tamaño poblacional y las tasas de crecimiento poblacional de la mayoría de las especies de plantas invasoras. Dicha información es básica para proponer estrategias adecuadas de control. La cuantificación de las tasas de crecimiento poblacional antes y después de la implementación de cualquier programa de control, es una de las formas más objetivas de evaluar la efectividad de dicho programa.

Tamarix ramosissima, comúnmente llamado cedro salado, fue introducido a Estados Unidos desde Asia a principios de 1800, y en los años 1920s se reconoció como una especie invasora. Actualmente se encuentra listado como una de las 100 peores especies invasoras en el mundo. Es un árbol caducifolio que puede alcanzar hasta 10 m de altura (Brock 1994). Por su condición como freatófita, *T. ramosissima* tiene un alto consumo de agua. Así mismo, incrementa la salinidad del suelo debido a su habilidad para exudar sales (Brock 1994). Forma parches monoespecíficos densos con un dosel muy cerrado que impide la entrada de luz, por lo que ninguna otra especie crece debajo de él, reduciendo así la abundancia y diversidad de plantas y animales que crecen en hábitats ribereños (Brock 1994, Zavaleta 2000). *Tamarix* altera la incidencia de fuegos, causa alteraciones en el cauce natural de los ríos, amenaza de manera directa e indirecta a especies nativas, y reduce el uso recreativo de áreas infestadas (Zavaleta 2000). Originalmente se introdujo con fines de formación de cortinas rompevientos, para controlar la erosión, y con fines ornamentales. En el año 1890 ya había invadido hábitats ribereños del suroeste de Estados Unidos, y para el año 1950 ocupaba la mayoría

de las áreas ribereñas desde la gran llanura central hasta el Pacífico, y desde el norte de México hasta el sur de Montana (USDA 2005). *Tamarix* se dispersa rápidamente y a la fecha ha infestado las orillas de los ríos a lo largo de todo el suroeste de Estado Unidos (Zavaleta 2000). *T. ramosissima* es considerada como una de las especies exóticas mas agresivas de los hábitats ribereños del norte de México (Zavaleta 2000, USDA 2005), particularmente en Chihuahua y Sonora.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Determinar la distribución potencial de *Tamarix ramosissima* en México a través del desarrollo de modelos de distribución de especies
2. Establecer parcelas permanentes en el campo para determinar la estructura de tamaños de los individuos *T. ramosissima*, y realizar estudios demográficos de las poblaciones de *T. ramosissima* en la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, en el estado de Sonora
3. Cuantificar las tasas vitales (probabilidades de supervivencia, tasas de crecimiento y valores de reproducción) de las plántulas, juveniles y adultos de *T. ramosissima* en las parcelas establecidas dentro de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe
4. Cuantificar la densidad local de plántulas de *T. ramosissima* en parcelas establecidas en el campo
5. Cuantificar la tasa de germinación de semillas de *Tamarix ramosissima*
6. Desarrollar modelos de dinámica poblacional para determinar la tasa de crecimiento poblacional de *T. ramosissima* de las poblaciones marcadas
7. Determinar la presencia de escarabajos del género *Diorhabda* en el sitio de estudio, y el daño causado a los individuos de *T. ramosissima*
8. Determinar la composición de la comunidad vegetal y la comunidad de aves en los sitios donde crece *T. ramosissima* en el área de estudio

SITIO DE ESTUDIO

La Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe se localiza en el noreste del estado de Sonora (30.5901° N y 110.4006° W). Esta Área Natural Protegida esta conformada por cinco fracciones que incluyen: 1. La Sierra Pilares de Teras y parte de la Sierra El Tigre, 2. Sierra Pilares Nacozari y Juriquiapa, 3. Sierra San Diego, El Odo y parte de la Sierra El Tigre, 4. Sierra Los Ajos, Buenos Aires y La Púrica, y 5. Sierra La Madera (Oposura). Los tipos de vegetación que se encuentran en las diferentes fracciones de la reserva son muy diversos e incluyen el bosque de pino, encino, pino-encino, encino-pino, encino abierto, bosque de galería, matorral desértico micrófilo, matorral subtropical y mezquital.

MÉTODOS

Distribución potencial de *Tamarix ramosissima*

La distribución geográfica potencial de *T. ramosissima* en México se estimó a través de un modelo de distribución de especies (Peterson y Vieglais 2001, Phillips et al. 2006). El desarrollo del modelo únicamente requirió: 1) datos de presencia de la especie de estudio, esto es, puntos georeferenciados (puntos GPS), y 2) datos detallados de características abióticas (temperatura, precipitación, y altura) de las áreas donde se sabe que la especie habita. Los datos georeferenciados de la presencia de *T. ramosissima* en varias partes del norte del país que fueron recabados de diversas fuentes. Por un lado, algunos puntos de presencia se registraron directamente en el campo por la Dra. Ek del Val como parte de un estudio previo al presente estudio. También se recabó información de los sitios de colecta de ejemplares en el Herbario del Instituto de Biología de la UNAM, el Herbario del Instituto de Ecología A.C., y de los registros georeferenciados reportados en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). Por último, se utilizaron datos disponibles en el sitio de Internet “Global Biodiversity Information Facility” (<http://www.gbif.org/>) que incluían datos de presencia de la especie en México y Estados Unidos.

Los datos de características abióticas en México, los cuáles son necesarios para obtener predicciones precisas de la distribución potencial de la especie, se obtuvieron en las bases de datos del sitio de Internet “Worldclim – Global Climate Data” (www.worldclim.org), el cuál contienen datos bioclimáticos de todo el mundo, que comprenden 20 variables distintas que incluyen datos de altitud, temperatura y precipitación.

Los modelos de distribución de especies que desarrollamos para predecir la distribución geográfica potencial de esta especie están basados en el principio de máxima entropía, utilizando el programa Maxent (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) que es un software para desarrollar modelos de hábitat de especies. Este método ha sido ampliamente utilizado para modelar la distribución geográfica de especies en muchos contextos (Phillips et al 2004, 2006). La ventaja de los modelos de distribución de especies aplicados a especies invasoras es que es posible detectar invasiones antes de que estas sucedan. De esta manera, se obtuvo la distribución potencial de *T. ramosissima* en todo el norte de México, e incluso en casi todo el territorio nacional (excepto en la península de Yucatán, ya que las condiciones ambientales en esa zona del país no son aptas para el establecimiento de *T. ramosissima*).

Componente demográfico

Durante noviembre del 2010, junio y noviembre de 2011, y junio de 2012 realizamos salidas de campo a la Reserva Ajos-Bavispe, con el fin de colectar datos demográficos de poblaciones del pino salado, *Tamarix ramosissima* marcadas al inicio del estudio.

Se marcaron tres poblaciones de pino salado, en los límites de la Reserva, a las orillas del Río Bavispe. Las poblaciones se marcaron en Noviembre de 2010, y

se realizaron censos demográficos cada seis meses hasta junio de 2012. En todas las poblaciones se marcaron individuos adultos utilizando etiquetas circulares numeradas, las cuales se clavaron en el tronco más ancho de cada individuo. A cada individuo le medimos el diámetro a la altura del pecho (DAP) del tronco más ancho. Únicamente durante el primer censo medimos el DAP de todas las ramas con $DAP \geq 1$ cm, y el resto de los censos sólo medimos el tronco principal. Además medimos el ancho y largo de la copa de los árboles, y su altura promedio, ya que se a través de estos parámetros se puede estimar la biomasa de los árboles de *T. ramosissima* (Evangelista et al. 2007). También registramos el estatus reproductivo de los árboles, especificando si tenían flores y/o frutos en cada censo.

Todos los individuos marcados al inicio del estudio y referidos anteriormente fueron individuos adultos y desde el inicio se buscaron plántulas y juveniles para marcarlos y seguir su trayectoria en censos subsecuentes. Los primeros estadíos del ciclo de vida de *T. ramosissima* estuvieron muy poco representados a lo largo de la duración de este estudio. Con el fin de estudiar la dinámica de estadíos tempranos del ciclo de vida en el campo, realizamos las siguientes actividades. En la primera salida de campo establecimos cuadrantes de 1 m² aleatoriamente, y contamos el número de plántulas de *T. ramosissima*. Las plántulas no fueron marcadas ya que eran muy pequeñas y resultaba imposible marcarlas individualmente. También colectamos 50 muestras de suelo al azar, con el fin de germinarlo y determinar la abundancia de las plántulas, así como la presencia y abundancia de otras especies vegetales.

Durante la segunda salida al campo, en junio de 2011, establecimos 10 parcelas permanentes de 50 x 50 cm cada una. En cada parcela contamos el número total de plántulas de *T. ramosissima* y marcamos todas las plántulas de ≥ 15 cm de altura. La mayoría de las plántulas en estas parcelas median menos de 50 cm de altura. A cada plántula le medimos el diámetro en la base y la altura. Adicionalmente colectamos semillas para trasladarlas al Centro de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM-Morelia) y realizar experimentos de germinación. Los experimentos se realizaron en una casa de sombra, utilizando un sustrato arenoso de río colectado en Michoacán, a fin de conocer el porcentaje de semillas que germinan. Además del porcentaje de germinación, el objetivo era realizar un seguimiento de las plántulas a fin de conocer la dinámica de ese estadío del ciclo de vida de *T. ramosissima*. También en junio de 2011 marcamos 100 individuos juveniles de *T. ramosissima*, que se ubican justo a la orilla del río. Para cada individuo registramos la altura, el diámetro en la base, y para aquellas que median ≥ 1.3 m, el DAP.

En junio de 2012 colectamos suelo y colocamos semillas recién colectadas de los árboles sobre el suelo en 23 contenedores de plástico de 10x10cm, con el objetivo de conocer la tasa de germinación de las semillas de *T. ramosissima*. También colectamos plántulas con todo y raíz que ya estaban establecidas en el campo, y las colocamos en contenedores de plástico con el objetivo de obtener datos de supervivencia de plántulas de *T. ramosissima*.

Impactos de *T. ramosissima* sobre la diversidad de aves

Durante junio de 2011 el Biólogo Rubén Ortega, que nos acompañó durante la salida, realizó censos de aves que habitan en los sitios donde se encuentra *T. ramosissima*, así como en sitios cercanos en donde el árbol aún no invade. Esto con el fin de determinar si la presencia de *T. ramosissima* ha tenido algún efecto sobre la riqueza de especies de aves en la zona.

RESULTADOS

Distribución potencial de *Tamarix ramosissima*

La distribución potencial de *Tamarix ramosissima* en México se estimó utilizando un modelo de Maxent, en el que se utilizaron 203 puntos georeferenciados de presencia de la especie en México y Estados Unidos, y 19 variables bioclimáticas. El mapa obtenido incluía la distribución potencial en México y parte de Estados Unidos, pero como nuestro interés es México, el mapa fue cortado y refleja únicamente los resultados para México. El mapa tiene un gradiente de colores que muestra las probabilidades de que la especie se encuentre presente en un área en particular (Figura 1). Los colores azules indican una probabilidad muy baja de que el hábitat sea adecuado para la especie, mientras que los tonos rojos indican una probabilidad muy alta de que el hábitat sea adecuado para que la especie habite esas áreas. Lo anterior significa que sólo en las áreas amarillentas o rojizas, que corresponden a las probabilidades más altas, existen condiciones climáticas adecuadas para que la especie habite. El modelo de Maxent tuvo un valor de AUC (en inglés Area Under the Curve) de 0.849, lo que indica que tuvo muy buen desempeño.

En sólo el 2% del área analizada el hábitat es altamente adecuado (probabilidad ≥ 0.7) para *T. ramosissima*, mientras que el 29% del área el hábitat es medianamente adecuado (probabilidad entre 0.3 y 0.6), y en el 69% del área las condiciones son muy poco adecuadas o no adecuadas (≤ 0.2) para que crezca el cedro salado.

Encontramos que el área potencial de distribución de *T. ramosissima* se concentra en el norte del país. De acuerdo a nuestro modelo de Maxent, siete estados de la república presentan probabilidades de medias a altas de que la especie pudiera establecerse de acuerdo a las condiciones climáticas presentes. Estos estados incluyen Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango. De estos, el norte del estado de Baja California, y el noroeste del estado de Sonora son los que presentan las probabilidades más altas. En el estado de Coahuila, aunque solo en un área relativamente pequeña presenta probabilidades muy altas de que *T. ramosissima* pudiera establecerse, es un estado que refleja probabilidades de medias a altas en casi toda su extensión de que la especie pueda invadir. Zacatecas es el estado más al sur en donde el modelo proyecta que las condiciones ambientales son aptas para que *T. ramosissima* pudiera habitar.

La distribución potencial bajo condiciones climáticas presentes y futuras se reporta en un artículo que esta en revisión para enviarse a la revista *Invasive Species Science and Management*.

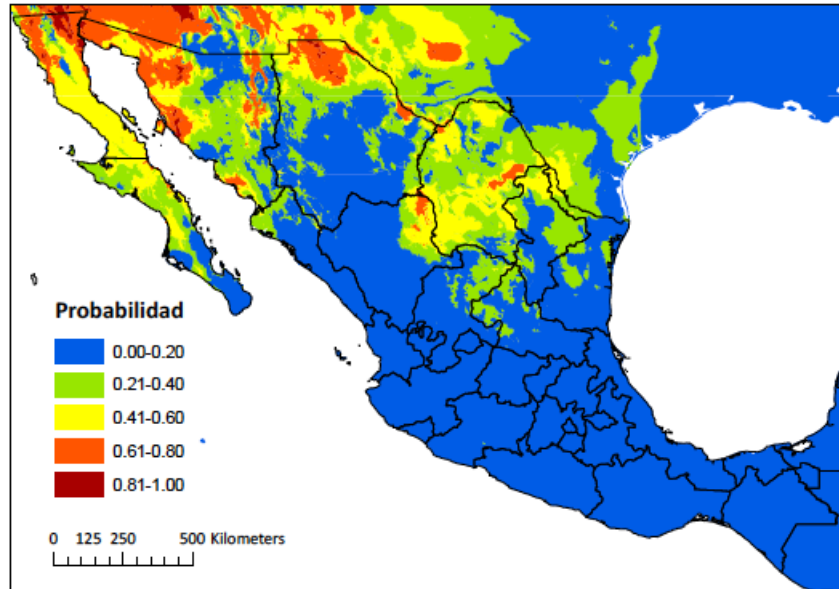


Figura 1. Distribución potencial de *Tamarix ramosissima* en México de acuerdo a un modelo de distribución de especies utilizando el algoritmo de Máxima Entropía (Maxent). Los colores azules representan una muy baja probabilidad de que las condiciones ambientales sean adecuadas para la especie, mientras que los colores rojos muestran una probabilidad muy alta de que existan condiciones ambientales adecuadas para la especie.

Componente demográfico

En nuestro estudio marcamos un total de 161 árboles adultos. El primer sitio, TAMBAV1, tiene una población pequeña de 28 individuos y existen individuos de otras especies. El segundo sitio, TAMBAV2, tiene una población más grande y se marcaron 82 individuos. En este sitio *T. ramosissima* es la especie dominante, y únicamente cohabita con algunas especies de pastos. El tercer sitio, TAMBAV3, tiene una población mediana en donde también existen individuos de otras especies, y se marcaron 51 individuos de *T. ramosissima*.

De los 161 individuos adultos marcados al inicio del estudio, el 5.6% murieron, y el 4.3% no fueron encontrados al final del estudio. Estos últimos pudieron haber perdido sus etiquetas porque observamos varios árboles a los que se les cortaron ramas con machetes desde el segundo censo.

En cuanto al aspecto reproductivo, el 2% de los árboles tenían flores durante la primera salida al campo, pero durante la segunda salida, en junio de 2011, el 74% de los árboles tenían flores. Esto nos indica que aunque la producción de flores puede suceder a lo largo del año, el pico se da durante la primavera e inicios del verano. El segundo año de censos (noviembre de 2011 y

junio de 2012) observamos la misma tendencia, aunque el porcentaje de árboles marcados con flores se redujo a 70%.

El número de plántulas encontradas en los cuadrantes de 1m² marcados durante la primera salida al campo en los sitios 1 y 3 varió entre una y siete. En ninguno de los censos subsecuentes se encontraron plántulas en estos sitios. En el sitio TAMBAV2 el número de plántulas varió entre 4 y 28 por m² en los cuatro cuadrantes establecidos. Las plantas contadas en la primera salida no sobrevivieron, de lo contrario hubieran sido notorias durante los censos subsecuentes. En este sitio también colectamos muestras de suelo para observar si germinaba alguna plántula de *T. ramosissima*, pero ninguna semilla de esta especie germinó. Muy pocos individuos de otras especies de gramíneas germinaron, pero murieron cuando aún eran muy pequeñas, lo que hizo imposible identificarlas a nivel de género y especie.

Durante la segunda salida al campo en junio de 2011, observamos una alta densidad de plántulas de *T. ramosissima*, aunque solamente en el sitio TAMBAV2. Las plántulas formaban tapetes monoespecíficos que eran más densos mientras más cerca se encontraban de individuos adultos. De las parcelas de 50 x 50 cm establecidas, la densidad de plántulas por parcela varió entre 8 y 91. Estas plántulas fueron significativamente más grandes que las observadas en los cuadrantes establecidos en la primera salida. Las plántulas medían en promedio 1.9 (\pm 0.79) mm de diámetro, y 35.3 (\pm 19.77) cm de altura. A pesar de que eran plántulas relativamente grandes, ninguna sobrevivió a la inundación que se observó durante el mes de noviembre del mismo año. Al año siguiente, en junio de 2012, encontramos algunas de las estacas utilizadas para marcar las parcelas, pero ninguna plántula marcada en 2011 sobrevivió. En esa última salida al campo ya no marcamos plántulas nuevamente ya que es incierto si podremos conseguir financiamiento para seguir este estudio por más tiempo.

Tampoco los individuos juveniles marcados en junio de 2011 sobrevivieron al siguiente año, al final del estudio. Estos individuos medían entre 0.89 cm y 1.78 m de altura, y entre 3.9 y 10 cm de diámetro en la base. Los individuos se encontraban justo a la orilla del río y en noviembre de 2011 no fue posible acceder a ellos por el crecimiento del río. En la última salida al campo en junio de 2012 no encontramos ninguno de estos individuos marcados por lo que asumimos que todos murieron por el crecimiento del río observado en la zona.

Desafortunadamente, nuestro experimento de germinación de junio de 2011 no funcionó, y creemos que pudo ser una combinación de pérdida de viabilidad de las semillas (ahora sabemos que sólo son viables por dos días), y las diferencias en clima y altitud entre el estado de Sonora y el estado de Michoacán. Por lo anterior, no pudimos estimar la tasa de germinación de semillas de *T. ramosissima* colectadas en nuestro sitio de estudio, en el noreste de Sonora.

En junio de 2012 observamos plántulas creciendo en el sitio TAMBAV2, y la formación de tapetes. Colectamos plántulas enraizadas y las transportamos a Michoacán en contenedores plásticos, y medimos su supervivencia. Encontramos que cuatro días después de regresar del campo había en promedio 6.65 semillas germinando por caja, aunque hubo una variación desde cero hasta 36 semillas germinadas por caja. Sin embargo, un mes después de la salida de campo solo

había en promedio 0.2 plántulas por caja; en la mayoría de las cajas las plántulas se habían muerto, y solo en una caja había dos plántulas sobrevivientes. Finalmente, dos meses después de regresar del campo observamos que ninguna plántula sobrevivió, y tampoco germinaron otras semillas.

Las plántulas más grandes que ya estaban establecidas y que colocamos en otros contenedores plásticos en junio de 2012 sobrevivieron por más tiempo. En promedio había 98 plántulas por caja y un mes después, sólo había 4.8 plántulas vivas por caja. En noviembre de 2012 únicamente habían sobrevivido 5 plántulas en total, y en febrero de 2013 murió la última plántula sobreviviente. A pesar de que se esperaba que estas plántulas sobrevivirían por más tiempo, y que incluso lograríamos hacer algunos experimentos con ellas, observamos que todas murieron.

Las bases de datos adjuntas reportan los datos de cada censo realizado a los individuos adultos, y de las mediciones realizadas a plántulas y juveniles durante junio de 2011.

Los modelos de dinámica poblacional de *T. ramosissima* se han parametrizado parcialmente con los datos demográficos obtenidos en el campo. Sin embargo, varios componentes del ciclo de vida de *T. ramosissima* no se han podido captar con los datos colectados en el campo. Tanto las plántulas como los individuos juveniles murieron durante el periodo en el que realizamos los censos en este estudio, por lo que no se tienen datos de supervivencia y crecimiento de esos estadios del ciclo de vida. No es necesario desarrollar un modelo de dinámica poblacional para entender que las poblaciones de *T. ramosissima* marcadas decrecieron durante el periodo en el que las estudiamos (ver Discusión y Conclusiones).

Impactos de *T. ramosissima* sobre la biodiversidad

La invasión de *T. ramosissima* en los sitios TAMBAV1 y TAMBAV3 es moderada, ya que pudimos observar al pino salado creciendo con vegetación nativa incluyendo álamos (*Populus sp.*), sauces (*Salix sp.*), y fresnos (*Fraxinus sp.*), entre otras especies. En el sitio TAMBAV2 la diversidad vegetal es menor que en los otros sitios; *T. ramosissima* es la especie dominante en el área, y únicamente crecen pastos, y algunas otras especies herbáceas. Las especies herbáceas sólo se observaron durante el verano. Este es un sitio en el que algunos individuos de *T. ramosissima* fueron probablemente plantados para utilizarlos como barreras rompevientos.

En cuanto a la biodiversidad de aves en sitios con y sin *T. ramosissima*, en general encontramos que en los sitios con presencia del árbol, la riqueza y abundancia de especies de aves no es significativamente distinta a la observada en sitios que no han sido invadidos por el cedro salado. Sin embargo, la composición de especies sí varió, y se encontraron más aves anidando en sitios que no tienen presencia de *T. ramosissima*. Los impactos de la presencia de *T. ramosissima* sobre la diversidad de aves está reportado en un artículo que se encuentra en revisión en la revista *Biological Invasions*.

Insectos asociados a *T. ramosissima*

Encontramos varias especies de insectos asociados a *T. ramosissima*, aunque no se encontraron escarabajos del género *Diorhabda* en ninguna de nuestras salidas de campo a lo largo de este estudio. El insecto más común fue un Crisomélido del género *Chilocorus*, encontrado en los troncos. Este crisomélido, comúnmente llamado “twice-stabbed lady beetle” en inglés por los dos puntos rojos que tiene en los élitros, es depredador de insectos llamados “escama”, de la familia Coccidae. Los insectos escama se alimentan de la savia de las plantas. Al menos una especie de insectos escama fue encontrada muy comúnmente en *T. ramosissima* en esa área. También observamos abejas polinizando las flores del cedro salado. No se realizaron colectas sistemáticas de los insectos asociados a *T. ramosissima*, pero resaltamos que los escarabajos del género *Diorhabda*, utilizados como agentes de control biológico contra varias especies de *Tamarix* spp. en Estados Unidos de América, no fueron encontrados hasta junio de 2012 en las poblaciones de *T. ramosissima* estudiadas en Sonora.

Discusión y Conclusiones

Distribución potencial de *Tamarix ramosissima*

Nuestros modelos de distribución potencial de la especie muestran que sólo el norte del país tiene condiciones ambientales adecuadas para *T. ramosissima*. Resalta el estado de Coahuila, en donde se predice que la mayoría de su territorio tiene condiciones mediana o altamente adecuadas para que el cedro salado se establezca, aunque actualmente se tienen muy pocos registros de la especie en ese estado. Más que concentrar acciones de manejo y control en estados donde la especie ya está presente, este componente del estudio da a conocer los estados en los que debe ponerse particular atención para detectar posibles nuevas invasiones. Nuevo Leon, Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosi son estados en los que también debe ponerse particular atención para prevenir posibles invasiones.

La elaboración del mapa de distribución potencial de la especie fue posible gracias a que existen bases de datos extensas con datos de presencia de la especie en Estados Unidos. Existen varios estudios previos que han proyectado la distribución potencial de *Tamarix* spp., pero la mayoría se han llevado a cabo en Estados Unidos (e.g. Morisette et al. 2006, Bradley et al. 2009, Cord et al. 2010). Sólo un estudio realizó proyecciones para México, pero se utilizaron únicamente 10 registros de presencia de *Tamarix* spp. en México. Este modelo de distribución potencial de la especie es el primero que se realiza para México con detalle. Por lo anterior resaltamos la importancia de seguir colectando datos de presencia, tanto de *Tamarix* como de otras especies invasoras, para que las bases de datos de presencia de especies invasoras en el país sigan creciendo y puedan aportar información relevante para proponer acciones de manejo y control contra dichas especies.

Estudio demográfico

Nuestras observaciones indican que *T. ramosissima* está presente en la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, y podría convertirse en un gran problema al invadir y dominar hábitats ribereños del área. Sin embargo, comparado con observaciones que se han hecho en otros estados como Chihuahua (Ek Del Val, obs. pers.), la invasión todavía no está muy avanzada en esta área del estado de Sonora.

El estudio demográfico que iniciamos resulta relevante para determinar que tan rápido están creciendo las poblaciones de *T. ramosissima* particularmente en ésta región del Estado de Sonora, y sugerir acciones concretas para su control. A pesar de que la supervivencia de adultos en el campo es muy alta ($> 90\%$), el 100% de las plántulas y juveniles marcados murieron meses después de haberlos marcado. La mayoría de los árboles adultos produjeron flores ($\geq 70\%$), lo que indica que las poblaciones potencialmente pueden crecer, pero al analizar el reclutamiento observado, podemos concluir, sin necesidad de desarrollar modelos anuales de dinámica poblacional para calcular la tasa de crecimiento poblacional, que durante el periodo estudiado las poblaciones de *T. ramosissima* están decreciendo. Naturalmente, todas las poblaciones fluctúan y es posible observar reducciones en los tamaños poblacionales en un año, y al año siguiente observar incrementos. Siendo una especie invasora, esperamos que las poblaciones de *T. ramosissima* tiendan a incrementar y por lo anterior es relevante desarrollar los modelos de dinámica poblacional propuestos al inicio de este estudio, una vez que se tengan todos los datos necesarios para el desarrollo de los modelos.

Para parametrizar las tasas vitales de estadios que no pudimos capturar en el campo (supervivencia y crecimiento de plántulas y juveniles), será necesario utilizar datos de otras poblaciones. Estos datos provendrán de artículos publicados, y de colegas de Estados Unidos dispuestos a compartir dicha información. Hemos estado buscando colegas que tengan este tipo de datos. En particular, estamos investigando con algunos colegas de la Universidad Estatal de Colorado, expertos en estudios ecológicos sobre *Tamarix* para saber si los datos necesarios para parametrizar los modelos de dinámica poblacional están disponibles. También estamos en búsqueda de financiamiento para en su caso, poder seguir colectando datos de las mismas poblaciones que marcamos en el estado de Sonora. Sería crítico poder estimar la supervivencia y crecimiento de plántulas y juveniles para poder desarrollar los modelos.

La alta mortalidad de plántulas y juveniles observada en nuestros sitios de estudio se debió probablemente a la inusual inundación que hubo en el área durante noviembre de 2011. En la literatura se reporta que las plántulas de *T. ramosissima* pueden sobrevivir inundaciones hasta por cuatro semanas (Young et al. 2004). Suponemos que la inundación que hubo en el sitio duró más tiempo, y que por tal razón las plántulas marcadas no sobrevivieron. Aunque observamos otras plántulas de *T. ramosissima* en el sitio durante el 2012, éstas eran más pequeñas evidenciando que eran de reciente germinación y que se produjeron en ese año. La realización de experimentos en Sonora no fue logísticamente posible, y la alta mortalidad observada en las plántulas trasladadas a la ciudad de Morelia evidencia que, a pesar de ser una especie invasora, *T. ramosissima* tiene

requerimientos particulares para sobrevivir, tanto bajo condiciones naturales, como cuando los individuos son cultivados. La alta mortalidad de plántulas y juveniles observada en nuestro estudio es probablemente rara, ya que de lo contrario *T. ramosissima* no sería una especie problemática.

En ninguna de las salidas de campo se encontraron escarabajos del género *Diorhabda* en las tres poblaciones marcadas, y en las nuevas parcelas de plántulas establecidas, ni en los individuos juveniles marcados, por lo que descartamos que la alta mortalidad observada se deba a la presencia de estos escarabajos.

Literatura citada

- Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro et al. 2009. Especies exóticas 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.
- Bradley, BA, Oppenheimer, M, and Wilcove, DS. 2009. Climate change and plant invasions: restoration opportunities ahead? *Global Change Biology* 15: 1511-1521.
- Brock, J.H. 1994. Tamarix spp. (Salt Cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semiarid riparian habitats of western USA. In: Waal, L.C., Child, L.E., Wade, P.M. and Brock, J.H. Ecology and Management of Invasive riverside plants. Pp. 27-44.
- Cord, A, Klein, D, Dech, S. 2010. Remote sensing time series for modeling invasive species distribution: A case study of Tamarix spp. in the US and Mexico. En: Proceedings of the International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs), pp. 1-8. 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting , 05. - 08. Jul. 2010, Ottawa, Canada.
- Gordon, D. 1998. Effects of invasive, non-indigenous plant species on ecosystem processes: lessons from Florida. *Ecological Applications* 8: 975-989.
- Mooney, H.A. y Hobbs, R.J., (eds.) 2000. *Invasive Species in a Changing World*, Island Press.
- Morisette, JT, Jarnevich, CS, Ullah A, Cai, W, Pedelty, JA, Gentle JE, Stohlgren TJ, and Schnase JL. 2006. A tamarisk habitat suitability map for the continental United States. *Frontiers in Ecology and Environment* 4: 11-17.
- Peterson, A.T. y Vieglais, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience* 51: 363-371.
- Phillips, Steven J., Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, páginas 655-662.
- Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, Robert E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Sala, OE, FS Chapin III, JJ Armesto, R Berlow, J Bloomfield, R Dirzo, E Huber-Sanwald, LF Hueneke, RB Jackson, A Kinzig, R Leemans, D Lodge, HA Mooney, M Oesterheld, NL

Poff, MT Sykes, BH Walker, M Walker, DH Wall 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.

United States Department of Agriculture (USDA). June 2005. Program for Biological Control of Saltcedar (*Tamarix* spp.) in thirteen states.
http://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/salteafonsi.pdf

Young, J.A., Clements, C.D., y Harmon, D. 2004. Germination of seeds of *Tamarix ramosissima*. *Journal of Range Management* 57: 475-481.

Zavaleta, E. 2000. Valuing ecosystem services lost to *Tamarix* invasion in the United States. Pages 261–300 in H. A. Mooney & R. J. Hobbs (Eds.). *Invasive Species in a Changing World*. Washington: Island Press.