Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas

Invasión de tamarisco en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera: Caracterización y recomendaciones de manejo

Tesista: Antonio Domínguez López | Directora: Paola Germain
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina | Marzo 2023

UNS BByF UNS GEKKO Grupo de Estudios en Conservación y Manejo

Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas

Invasión de tamarisco en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera: Caracterización y recomendaciones de manejo

Tesista: Antonio Domínguez López

Directora: Paola Germain

Agradecimientos

Gracias a la UNS y al Departamento de Biología por permitirme realizarme como profesional y como persona.

A los docentes de la Lic. en Cs. Biológicas por su tiempo, esfuerzo y consideración.

Al Grupo de Estudios en Conservación y Manejo (GEKKO) por su ayuda y los recursos que fueron necesarios para la realización de este trabajo.

A Martín Sotelo del cuerpo de guardaparques por su ayuda y buena predisposición.

A Sergio Zalba por el gran trabajo que hace como profesional de la conservación y ser siempre una fuente de inspiración.

A Paola Germain por su tiempo y ayuda en el desarrollo de esta tesis.

A mis suegros por darme un hogar cuando lo necesitaba.

A mis padres por darme siempre todo su apoyo incondicional.

A mi esposa por ser siempre la mejor compañera.

Índice

Resumen **1**

Introducción **3**

Objetivos **4**

Área de estudio **4**

Materiales y métodos **6**

Determinación de la especie 6

Abundancia y Distribución 6

Estructura poblacional e Historia de colonización 7

Viabilidad de la erradicación y Recomendaciones de manejo 8

Resultados **9**

Determinación de la especie 9

Abundancia, Distribución y Estructura poblacional 9

Viabilidad de la erradicación - Esfuerzo de corte 16

Discusión **17**

Determinación de la especie 17

Abundancia, Distribución y Estructura poblacional 17

Viabilidad de la erradicación y Recomendaciones de manejo 19

Bibliografía **22**

Resumen

La expansión de plantas exóticas invasoras constituye una de las mayores amenazas para la biodiversidad. Entre ellas, las plantas leñosas causan importantes problemas ecológicos y económicos. Originarias de Eurasia y África, varias especies del género *Tamarix* L., llamadas comúnmente tamariscos, se han convertido en invasoras en varios lugares del mundo, causando diversos impactos, que incluyen reducción de la disponibilidad de agua superficial y subterránea, desplazamiento de la vegetación nativa, pérdida de biodiversidad, salinización del suelo y cambios en la dinámica del fuego. Tres especies del género son invasoras en áreas naturales de Argentina: *T. gallica* L., *T. ramosissima* Ledeb. y *T. chinensis* Lour.

El avance de tamariscos ha sido registrado en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera, un área natural protegida de la provincia de Buenos Aires, ubicada en el estuario de Bahía Blanca. Esta reserva alberga la población reproductiva más numerosa de la gaviota cangrejera (*Larus atlanticus*), especie endémica de la costa atlántica sudoccidental, incluida en la categoría "Vulnerable" por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Aves Argentinas.

En este trabajo se caracterizó la invasión de tamariscos en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera, se estimó la viabilidad de la erradicación y se propuso una estrategia de manejo de la invasión.

Ejemplares colectados se identificaron como *Tamarix ramosissima*, especie con la mayor cantidad de poblaciones en proceso de invasión en la Argentina. Se registró la presencia de 530 tamariscos con diámetros basales que iban desde 1 a 110 cm, y edades estimadas entre 1 y 37 años. Su densidad en el área del islote se estimó en 4,06 individuos/ha. Todos los ejemplares con flores, excepto uno, tenían 15 años de edad o más, y el porcentaje de individuos en edad reproductiva en toda la reserva se estimó en 75,78%.

La población ha tenido un bajo nivel de reclutamiento en los últimos 15 años, y este ha sido menor aún en los últimos diez años. El bajo reclutamiento y la tardía madurez de los tamariscos en la reserva pueden ser consecuencia de condiciones ambientales adversas, en particular la elevada salinidad del suelo. Es posible que la dispersión y la colonización dependan de la ocurrencia de eventos de inundación en forma de sudestadas durante la época reproductiva.

Ciertos aspectos biológicos y ambientales pueden dificultar la eliminación de la población de tamariscos de la reserva, como la elevada producción de semillas, el rebrote luego del corte, la capacidad de reproducción vegetativa y la poca accesibilidad a la reserva. Sin embargo, el aislamiento geográfico de la misma reduce la posibilidad de que existan individuos no detectados que generen nuevos focos de invasión. La edad reproductiva se alcanza tardíamente y el éxito de la reproducción aparenta estar condicionado a la ocurrencia de eventos de inundación en forma de sudestadas. Por último, las semillas de *Tamarix* pierden su viabilidad en unas pocas semanas por lo que no se forma un banco de semillas duradero, característica que debería reducir la duración y por lo tanto el costo total de un plan de erradicación.

Como métodos de control, recomendamos la extracción mecánica de la planta completa en individuos pequeños y la tala seguida de la aplicación de herbicidas en individuos de mayor tamaño. Estimamos que eliminar la totalidad de los individuos de tamarisco del islote requeriría un esfuerzo de trabajo total de 154,5 horas/persona (aproximadamente 26 días, con una jornada laboral de seis horas diarias). Aconsejamos priorizar la erradicación de los tamariscos ubicados en sectores cercanos a la colonia de *Larus atlanticus*, dada la condición vulnerable de esta especie de gaviota y la importancia de esta colonia en su reproducción.

Introducción

Las invasiones biológicas ocurren cuando especies transportadas e introducidas fuera de su área nativa de distribución consiguen reproducirse y avanzar en los nuevos ambientes (Elton 1958). Las especies exóticas invasoras pueden causar la disminución de la biodiversidad nativa a través de la depredación, la competencia y la alteración del hábitat y modificar el régimen de incendios, el ciclo de nutrientes y el régimen hidrológico en el ecosistema invadido (Mack et al. 2000). Son responsables de pérdidas de cultivos implicando enormes costos sobre la producción de alimentos, fibras y forrajes, y de graves enfermedades en plantas y animales (Nentwig 2007). A nivel mundial se consideran la segunda causa de pérdida de biodiversidad en ecosistemas continentales y la primera en ambientes insulares (Clavero et al. 2009).

En este contexto, la expansión de plantas exóticas invasoras constituye una gran amenaza para la actividad económica y el bienestar humano (Mack et al. 2000), y es también una de las mayores amenazas para la biodiversidad (Lowe et al. 2004, Nentwig 2007). Entre las especies invasoras más extendidas y perjudiciales se encuentran las plantas leñosas (Richardson y Rejmánek 2011). En Argentina hay al menos 91 arbustos y árboles exóticos invasores (SNIEEI 2021), muchos de los cuales causan importantes problemas ecológicos y económicos.

Originarias de Eurasia y África, varias especies del género *Tamarix* L. (Caryophyllales: Tamaricaceae), conocidas como tamariscos, se han convertido en invasoras en Estados Unidos, México, Australia y Sudáfrica (DeLoach et al. 2000), después de su introducción con fines ornamentales, como cortavientos, árboles de sombra, para estabilización de dunas y control de la erosión (Glenn y Nagler 2005). Los tamariscos producen cantidades masivas de pequeñas semillas que son esparcidas por el viento y el agua sobre nuevos ambientes con velocidades de expansión que pueden alcanzar los 20 km en un año. Adicionalmente, porciones de ramas o tallos tienen la capacidad de desarrollar raíces adventicias y brotar si la humedad es la suficiente (Merkel y Hopkins 1957).

La invasión de tamariscos ha tenido muchos impactos, tanto ambientales como económicos. Estos incluyen reducción de la disponibilidad de agua superficial y subterránea, desplazamiento de la vegetación nativa, pérdida de biodiversidad (Zavaleta 2000), modificación de los cursos de agua, reclutamiento dentro de los cauces de los ríos que puede bloquear su flujo y causar inundaciones, salinización del suelo y cambios en la dinámica del fuego con mayor frecuencia de incendios (DeLoach et al. 2000). Estos últimos autores consideran la invasión de tamarisco uno de los peores desastres ecológicos de los ecosistemas ribereños de América del Norte.

En Argentina han sido introducidas cuatro especies del género: *T. gallica* L., *T. ramosissima* Ledeb., *T. chinensis* Lour. y *T. parviflora* DC. Las tres primeras invaden ambientes naturales y seminaturales, colonizando hábitats ribereños en zonas continentales áridas y semiáridas, y áreas costeras (Natale et al. 2008, 2013; APN-SIB 2021). La capacidad de *Tamarix* de colonizar e invadir ambientes salinos y con bajas precipitaciones se debe a sus profundas raíces que le permiten alcanzar la capa freática y a la presencia de glándulas en la superficie de hojas y tallos jóvenes que excretan el exceso de sal (Di Tomaso 1998).

Tamarix parece estar en una etapa temprana de su proceso de invasión en nuestro país. Sin embargo, tiene el potencial de invadir más de las tres cuartas partes de las zonas áridas y semiáridas del territorio, constituyendo una de las principales amenazas a la biodiversidad (Natale et al. 2013). Las especies de *Tamarix* son invasoras en varias áreas naturales protegidas de Argentina (APN-SIB 2021), y su avance ha sido registrado en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera (Martín Sotelo, com. pers.). La invasión de esta planta en la reserva natural tiene el potencial de alterar profundamente la composición de especies y los procesos ecosistémicos.

Las posibilidades de controlar de manera eficiente un proceso de invasión decrecen con el paso del tiempo, en función del aumento de la abundancia de individuos y del área cubierta. Por eso, la detección y la acción rápida están entre las mejores opciones de manejo (Ziller y Zalba 2007). Los métodos actuales para limitar la continua difusión de *Tamarix* en Argentina dependen de la remoción mecánica y tratamientos químicos (Sosa et al. 2006, Natale et al. 2014). El objetivo de este trabajo es caracterizar la invasión de tamariscos en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera, detectar factores clave asociados con la evolución del área ocupada y recomendar acciones de manejo de la invasión.

Objetivos

- Estimar la abundancia y mapear la distribución de *Tamarix* en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera.
- Determinar la estructura etaria de la población y reconstruir la historia de colonización en el área.
- Evaluar la viabilidad de la erradicación y recomendar acciones de manejo de los tamariscos en dicha área natural protegida.

Área de estudio

La Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera (38º 49 ’S, 62º 16 ’O) se ubica en el Estuario de Bahía Blanca, aproximadamente a 2,5 kilómetros frente al sector portuario e industrial de Ingeniero White, al sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). Forma parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Buenos Aires y presenta ambientes de pastizal, marismas y arbustales halófilos y xerófilos (Petracci 2020, Figura 2). Tiene una superficie de 1609 ha (Ministerio de Ambiente, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires) de las cuales 270 corresponden al área terrestre (Petracci 2020). Debe su nombre a que alberga la población reproductiva más numerosa de la gaviota cangrejera (*Larus atlanticus*) (Delhey et al. 2001), especie endémica de la costa atlántica sudoccidental, incluida en la categoría “Vulnerable” por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Aves Argentinas (2017) y declarada “Especie emblemática” de Bahía Blanca por ordenanza 12671/04. En el Islote también nidifican otras especies como la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), la garza blanca (*Egretta alba*) y el ostrero pardo (*Haematopus palliatus*), y es el hábitat de aves de pastizal como el espartillero enano (*Spartonoica maluroides*) y la ratona aperdizada (*Cistothorus platensis*) (Petracci y Sotelo 2013).

Figura 1. (A) Mapa satelital del sur de Sudamérica (Fuente: Google Earth). La flecha blanca indica la ubicación de la Provincia de Buenos Aires en Argentina. (B) Provincia de Buenos Aires. La flecha blanca indica la ubicación del estuario de Bahía Blanca. (C) Estuario de Bahía Blanca. La flecha blanca y el contorno amarillo indican la superficie continental de la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera.

Figura 2. Pastizal en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera. Las flechas indican la presencia de tamariscos. Foto: Antonio Domínguez López.

Materiales y métodos

Determinación de la especie

Durante la época de floración, en el mes de noviembre, se colectaron ejemplares de herbario y flores de tres individuos que fueron conservadas en alcohol etílico al 70%. Se determinó la especie utilizando un microscopio estereoscópico y la clave para diferenciar las especies del género *Tamarix* presentes en la República Argentina elaborada por Natale et al. (2008).

Abundancia y Distribución

Para estimar la abundancia de la especie en la reserva y elaborar mapas de distribución se relevaron todos los individuos de tamarisco mediante recorridas sistemáticas a pie que cubrieron la totalidad de la superficie terrestre del área natural protegida. Los relevamientos se realizaron durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2021. A cada individuo se le asignó un número identificatorio y su posición fue registrada con GPS utilizando la aplicación Gaia GPS para Android (versiones v2021.9 y v2021.10) (Figura 3).

Figura 3. Identificación y registro de posición de un tamarisco de gran tamaño. Foto: Norali Díaz.

Estructura poblacional e Historia de colonización

Para analizar la estructura poblacional se midió el diámetro basal de cada ejemplar a 10 cm del suelo, utilizando una cinta métrica. En los casos en que el tronco se ramificaba a una altura menor, la medición se realizó a la mayor altura posible por debajo de los 10 cm. Cuando no fue posible medir el tronco por falta de accesibilidad, se estimó el diámetro basal. Se clasificó a los individuos en seis categorías de diámetro basal y se elaboraron mapas de distribución por categoría y para la totalidad de los individuos. A cada categoría se le asignó un color específico en los mapas de distribución para facilitar su análisis e interpretación.

Para establecer la estructura etaria de la población se seleccionó un conjunto de 18 ejemplares cuyos diámetros basales a 10 cm de altura cubrían un rango entre 1,5 y 43 cm. Se los cortó transversalmente a dicha altura y se estimó su edad mediante el conteo de los anillos de crecimiento. Como herramientas de corte se utilizaron serrucho para los individuos de menos de 7,5 cm de diámetro basal y motosierra para los individuos de más de 7,5 cm. Se realizó un análisis de regresión logarítmica en Google Sheets con el diámetro como variable independiente y la edad como variable dependiente. Esto permitió estimar la edad de todos los individuos a partir de su diámetro basal.

Para establecer la edad a la que comienzan a reproducirse y el porcentaje de individuos de la población en etapa reproductiva se registró qué individuos poseían estructuras florales durante los meses en los que el relevamiento coincidió con la época de floración (noviembre y diciembre) (Figura 4). Combinando la información de estructura etaria y edad a la primera reproducción se estimó el inicio de la presencia de la especie en el área y la dinámica de su establecimiento.

Figura 4. (A) Tamarisco en período vegetativo. (B) Tamarisco en período reproductivo. Las flores se visualizan en color rosa. Fotos: Antonio Domínguez López.

Viabilidad de la erradicación y Recomendaciones de manejo

Para calcular el esfuerzo necesario para la tala de los individuos de tamarisco de la reserva se registró el tiempo requerido para el corte de cada uno de los 18 ejemplares que fueron talados para el conteo de anillos de crecimiento. Con esa información se estimó el tiempo que requeriría la tala, sin tener en cuenta el tiempo que demanda movilizarse de un individuo a otro, de todos los individuos de cada categoría de diámetro basal. Esta estimación se realizó calculando el promedio del esfuerzo de corte por individuo de cada categoría y multiplicándolo por la cantidad de individuos de la respectiva categoría. Sumando el tiempo que demandaría la tala de todos los ejemplares de todas las categorías se calculó el esfuerzo requerido para el corte de la totalidad de los ejemplares presentes en la reserva.

Por la falta de un equipo adecuado para la tala de árboles de gran tamaño no se realizó el corte de individuos con diámetro basal mayor a 60 cm. El esfuerzo promedio de corte por individuo para esta categoría fue estimado multiplicando el diámetro basal promedio de los ejemplares con más de 60 cm por el doble del esfuerzo promedio por cm de diámetro basal de la categoría anterior. Es esperable que el esfuerzo promedio de corte por centímetro de diámetro basal aumente con el incremento de tamaño debido al mayor trabajo de desramado que debe hacerse previo al corte del o los troncos principales. Un aumento de alrededor del doble en el esfuerzo promedio de corte por centímetro de diámetro basal fue registrado al pasar de la categoría de [10 - 20) a la de [20 - 40) y de la categoría de [20 - 40) a la de [40 - 60), por lo que se decidió mantener esa proporción en el incremento del esfuerzo para la mayor categoría de diámetro basal.

A partir de la información generada en el presente trabajo, de bibliografía sobre la biología y métodos de control de esta especie (ya que tiene la capacidad de rebrotar luego del corte), y considerando los posibles focos de semillas establecidos por fuera de la reserva, se analizó la viabilidad de la erradicación y se realizaron recomendaciones de manejo de *Tamarix* en el área de estudio.

Resultados

Determinación de la especie

De acuerdo a la clave elaborada por Natale et al. 2008, los ejemplares colectados corresponden a la especie *Tamarix ramosissima* Ledeb. Esta especie se diferencia de las demás del género presentes en nuestro país por poseer flores pentámeras con lóbulos de los discos nectarios alternando con los filamentos, todos los filamentos originados del borde del disco nectario y márgenes de los sépalos denticulados.

Abundancia, Distribución y Estructura poblacional

Se registró un total de 530 individuos de tamarisco, que fueron divididos en seis categorías de acuerdo a su diámetro basal, cada una identificada con un color (Tabla 1 y Figura 5). Dichos colores se utilizaron en gráficos y mapas de distribución para facilitar su análisis e interpretación. Los diámetros basales variaron entre 1 y 110 cm, siendo la categoría de 20 a 40 cm la que presentó mayor abundancia, incluyendo casi la mitad de los ejemplares. Todos los individuos fueron encontrados en sectores que superan el metro de altura sobre el nivel del mar. Esta zona corresponde a 115 ha de las 270 que constituyen el área terrestre de la reserva. Así, la densidad de tamariscos en este sector es de 4,06 individuos/ha.

Tabla 1. Cantidad de ejemplares de tamarisco registrados en la Reserva Natural Islote de la Gaviota Cangrejera, divididos en seis categorías de acuerdo a su diámetro basal, cada una identificada con un color. Se detalla el porcentaje de individuos correspondiente a cada categoría.

Diámetro basal (cm)	Número de individuos	Porcentaje del total	Color
[0 - 5)	11	2,08%	Violeta
[5 - 10)	52	9,81%	Azul
[10 - 20)	97	18,30%	Verde
[20 - 40)	251	47,36%	Amarillo
[40 - 60)	83	15,66%	Naranja
[60 - ∞)	36	6,79%	Rojo

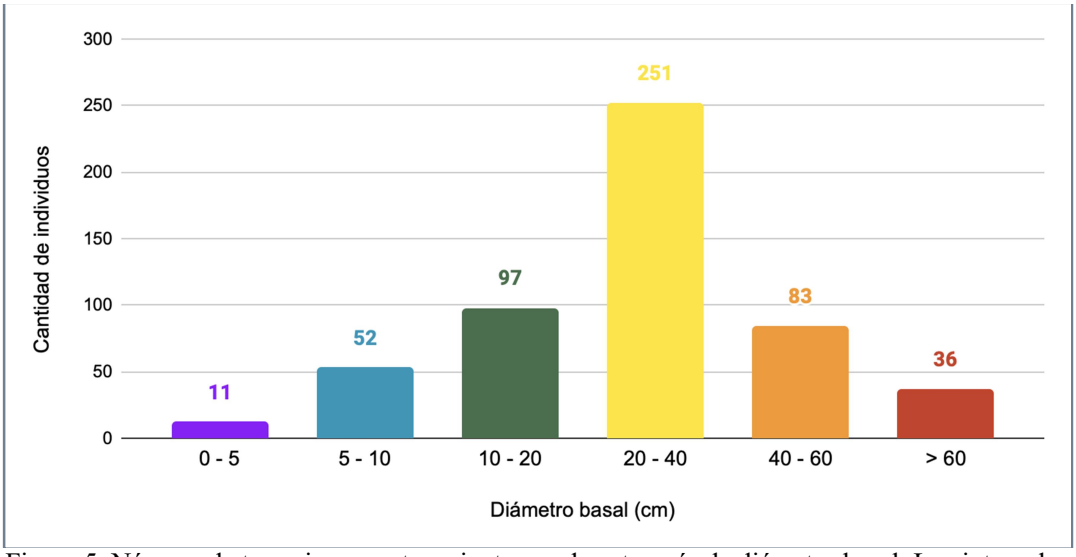

Figura 5. Número de tamariscos perteneciente a cada categoría de diámetro basal. Los intervalos son cerrados en su inicio y abiertos al final.

Las coordenadas geográficas registradas para todos los individuos permitieron elaborar mapas de distribución para cada una de las categorías de diámetro basal (Figuras 6 a 11), así como también un mapa de distribución con todas las categorías de tamaño (Figura 12), teniendo en cuenta los colores detallados en la Tabla 1.

Figura 6. Mapa de distribución de tamariscos con menos de 5 cm de diámetro de base.

Figura 7. Mapa de distribución de tamariscos con 5 a 10 cm de diámetro de base.

Figura 8. Mapa de distribución de tamariscos con 10 a 20 cm de diámetro de base.

Figura 9. Mapa de distribución de tamariscos con 20 a 40 cm de diámetro de base.

Figura 10. Mapa de distribución de tamariscos con 40 a 60 cm de diámetro de base.

Figura 11. Mapa de distribución de tamariscos con más de 60 cm de diámetro de base.

Figura 12. Mapa de distribución de todos los individuos de tamarisco. Los diferentes colores indican el rango de tamaño del diámetro basal en cm: violeta [0 - 5), azul [5 - 10), verde [10 - 20), amarillo [20 - 40), naranja [40 - 60) y rojo [60 - ∞).

De los 36 tamariscos con más de 60 cm de diámetro de base, solo cinco superaron los 100 cm, siendo el valor máximo registrado 110 cm. Su ubicación se resalta en la Figura 13.

Figura 13. Mapa de distribución de tamariscos con más de 100 cm de diámetro de base.

El análisis de regresión permitió encontrar una relación significativa ($R^2 = 0{,}885$; $p = 6{,}549 \times e^{-9}$) entre el diámetro a 10 cm de la base del tronco y la edad de los individuos, establecida por la ecuación: $y = 0{,}964 + 7{,}59Ln(x)$ (Figura 14).

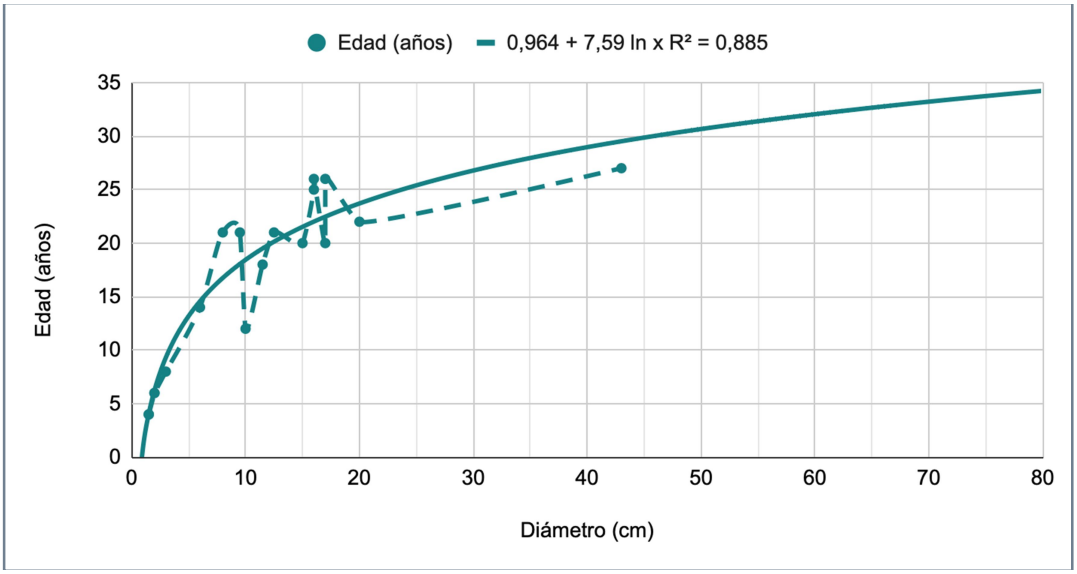

Figura 14. Curva de regresión logarítmica que establece la relación entre el diámetro a 10 cm de la base y la edad de los tamariscos presentes en el Islote de la Gaviota Cangrejera.

Con esta ecuación se estimó la edad de los 530 tamariscos en la reserva y se estableció la estructura etaria de la población (Figura 15). El rango de edades estimadas va desde 1 año hasta 37. Los conjuntos de edad estimada tienen intervalos cerrados en su inicio y abiertos al final.

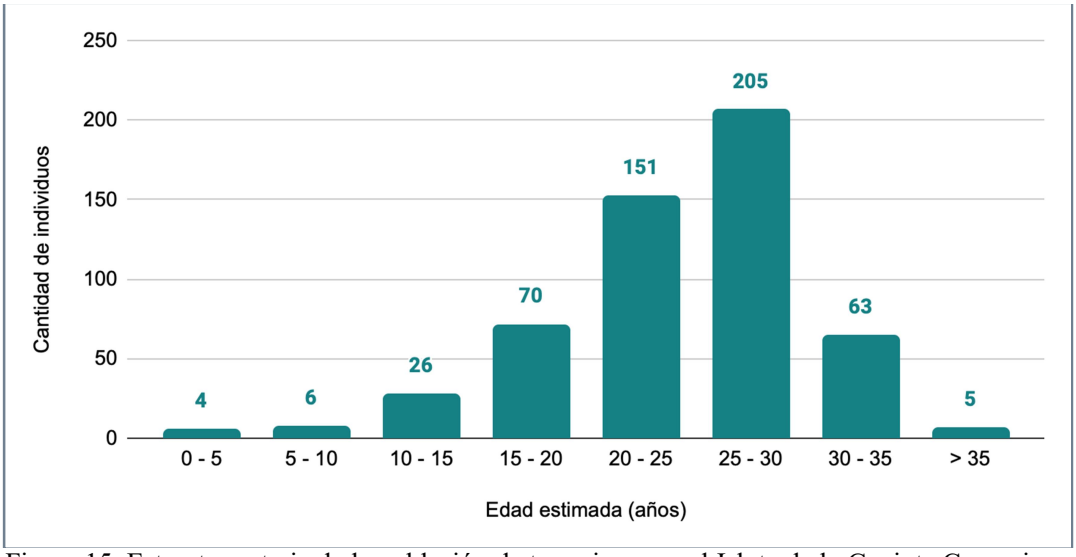

Figura 15. Estructura etaria de la población de tamariscos en el Islote de la Gaviota Cangrejera. Los intervalos son cerrados al inicio del conjunto y abiertos al final.

El registro de estructuras florales en los individuos permitió establecer la edad aproximada de la primera reproducción. Todos los ejemplares con flores, excepto uno, tenían 15 años o más. El único ejemplar que alcanzó la madurez sexual antes de los 15 años tenía una edad estimada de 9 años. A partir de los 25 años de edad más del 92% de los individuos estaban en edad reproductiva, y a partir de los 30 años la totalidad de los ejemplares se encontraba en esta situación (Tabla 2). De un total de 303 ejemplares relevados durante la época de floración, 210 poseían flores (69,31%).

Tabla 2. Cantidad de ejemplares relevados durante la época de floración, en total y para cada categoría de edad estimada. Se detalla el número de individuos con y sin flores y el porcentaje de individuos reproductivos.

Edad estimada en años	Cantidad de individuos	Número de ejemplares sin estructuras florales	Número de ejemplares con estructuras florales	Porcentaje de individuos reproductivos
[0 - 5)	4	4	0	0
[5 - 10)	6	5	1	17%
[10 - 15)	26	26	0	0%
[15 - 20)	45	34	11	24%
[20 - 25)	104	16	88	85%
[25 - 30)	95	8	87	92%
[30 - 35)	20	0	20	100%
[35 - ∞)	3	0	3	100%
Total	303	93	210	69,31%

Utilizando los porcentajes de individuos reproductivos dentro de cada categoría de edad obtenidos durante el relevamiento en la época de floración se estimó la cantidad total de individuos reproductivos en toda la reserva, que asciende a 402, y representa el 75,78% (Tabla 3).

Tabla 3. Cantidad estimada de individuos reproductivos en toda la reserva, en total y para cada categoría de edad.

Edad estimada en años	Cantidad de individuos en la reserva	Porcentaje estimado de individuos reproductivos	Cantidad estimada de individuos reproductivos
[0 - 5)	4	0	0
[5 - 10)	6	17%	1
[10 - 15)	26	0%	0
[15 - 20)	70	24%	17
[20 - 25)	151	85%	128
[25 - 30)	205	92%	188
[30 - 35)	63	100%	63
[35 - ∞)	5	100%	5
	530	75,78%	402

Viabilidad de la erradicación - Esfuerzo de corte

De acuerdo a los datos obtenidos, el tiempo promedio que requiere la tala de un individuo varía entre 0,1 minutos en ejemplares de hasta 5 cm de diámetro basal a 22,5 minutos en aquellos cuyo diámetro es de 40 a 60 cm. La estimación para la categoría de diámetro basal mayor a 60 cm, calculada multiplicando el diámetro basal promedio de los ejemplares de esa categoría (72 cm) por el doble del esfuerzo promedio por cm de diámetro basal de la categoría anterior (2*0,5 min/cm) arrojó un esfuerzo de 72 minutos por individuo.

El tiempo requerido para la tala, sin tener en cuenta el tiempo que demanda movilizarse de un individuo a otro, de todos los individuos de cada categoría y del total de ejemplares presentes en la reserva, se detalla en la Tabla 4. Para cortar la totalidad de los individuos de tamarisco del islote, una persona necesita 103 horas.

Tabla 4. Esfuerzo de corte individual promedio, esfuerzo de corte total por categoría de diámetro basal y esfuerzo de corte de toda la población de tamariscos.

Diámetro basal (cm)	Diámetro basal promedio (cm)	Esfuerzo promedio por individuo (minutos)	Cantidad de individuos	Esfuerzo total en minutos	Esfuerzo total en horas	Esfuerzo promedio por cm de diámetro basal (minutos)
[0 - 5)	2,5	0,1	11	1,1	0,02	0,04
[5 - 10)	6,7	0,8	52	41,6	0,7	0,12
[10 - 20)	13,2	1,8	97	174,6	2,9	0,13
[20 - 40)	26	6	251	1506	25,1	0,23
[40 - 60)	45	22,5	83	1867,5	31,1	0,5
[60 - ∞)	72	72	36	2578	43	1
		Total	530	6169	103	

Discusión

Determinación de la especie

La determinación a nivel de especie dentro del género *Tamarix* ha demostrado ser particularmente difícil en ciertos casos (Di Tomaso 1998). Las características utilizadas para discernir las especies incluyen la forma de las hojas y su base, y estructuras florales muy pequeñas y difíciles de observar, que son la forma del disco nectario y su disposición con respecto a los estambres. Aún así, se pudo establecer la identidad taxonómica del material colectado en la reserva, correspondiente a *Tamarix ramosissima*. Su presencia ha sido registrada con anterioridad en la provincia de Buenos Aires y esta especie posee la mayor cantidad de poblaciones en proceso de invasión en la Argentina. Sin embargo, también se ha encontrado *Tamarix gallica* en la zona, y en particular en el Estuario de Bahía Blanca (Natale et al. 2008), por lo que es posible que haya coocurrencia de ambas especies en la reserva. De todas maneras, todas las especies de *Tamarix* son exóticas, por lo que su determinación no es una condición necesaria para tomar medidas de manejo tendientes a su erradicación.

Abundancia, Distribución y Estructura poblacional

La población de *Tamarix ramosissima* en el Islote de la Gaviota Cangrejera tiene una distribución de tipo agregada, con sectores ocupados por muchos individuos densamente agrupados y sectores desocupados. Este tipo de distribución probablemente se deba a la dispersión de las semillas con el viento, seguida del establecimiento y la reproducción vegetativa. El género *Tamarix* tiene una gran capacidad de propagación lateral a través del desarrollo de raíces adventicias desde las partes aéreas cuando el suelo se mantiene en condiciones de saturación (Horton 1977). De esta forma a veces se forman matorrales casi impenetrables (Di Tomaso 1998) de hasta 510 individuos/ha o más (Stabler 2015). Este último autor considera como bajas las densidades de 1 a 100 individuos/ha. La densidad poblacional de 4,06 individuos/ha encontrada en la reserva es, por lo tanto, muy baja. Esta condición podría cambiar ante la ocurrencia de incendios o inundaciones, los principales desencadenantes de la propagación lateral para el género (Di Tomaso 1998). Si la población alcanzara una densidad de 25 individuos/ha, aún considerada baja según Stabler, la cantidad de individuos aumentaría de los 530 actuales a 2875.

La estructura etaria de la población de tamarisco muestra una baja cantidad de individuos de edades inferiores a 15 años, lo que indica que la población ha tenido un bajo nivel de reclutamiento durante este período de tiempo, en especial en los últimos diez años, en los cuales se sumaron únicamente diez individuos. Además, los tamariscos comienzan a reproducirse en el Islote a partir de los 15 años, dato que no coincide con observaciones realizadas en otros trabajos sobre el género *Tamarix* en los que se ha encontrado que alcanzan rápidamente la madurez sexual, incluso al primer año (Merkel y Hopkins 1957). La reserva se encuentra en un ambiente perimarino con un clima semiárido y una media anual de precipitaciones de 613 mm (Capelli y Campo 2004). La combinación de escasos aportes de agua dulce y altas tasas de evaporación hace que se desarrollen salinidades extremas en los suelos de este tipo de ambientes (Celleri 2018). Análisis en la salinidad de suelos

realizados por Celleri (2018) en el sector noroeste del estuario de Bahía Blanca registraron valores que iban desde 10 kg m^{-3} a 633 kg m^{-3}. Aunque se considera que *Tamarix* es un género particularmente tolerante a la salinidad (Di Tomaso 1998), se ha visto que esta tolerancia no existe durante las fases tempranas del establecimiento, tanto para la germinación de las semillas como para el enraizamiento de partes aéreas (Natale et al. 2010). Asimismo, los adultos solo sobreviven en suelos con niveles de salinidad inferiores a 36 kg m^{-3} (Glenn et al. 1998), creciendo usualmente en suelos con salinidades alrededor de los 6 kg m^{-3} (Glenn y Nagler 2005). Estos últimos autores mencionan, además, que el crecimiento de *Tamarix ramosissima* se reduce en un 2% por cada aumento de 1 kg m^{-3} en la salinidad del suelo. Aunque no hay datos de salinidad medida en el Islote, otros sectores del estuario de Bahía Blanca presentan elevados niveles de salinidad, y esto podría explicar la tardía madurez sexual de los tamariscos en la reserva.

Es posible que el bajo reclutamiento en los últimos años se deba a que las condiciones no han sido las adecuadas para el establecimiento de los propágulos. El género *Tamarix* tiene una estrategia oportunista de dispersión y colonización en la que depende de eventos de inundación para la germinación (Natale et al. 2016) y suelos saturados durante las primeras dos a cuatro semanas de crecimiento para el establecimiento de las plántulas (Horton et al. 1960, Warren y Turner 1975). Ante la gran capacidad de producción de propágulos de los individuos en edad reproductiva (Merkel y Hopkins 1957) es esperable un importante crecimiento poblacional ante la ocurrencia de las condiciones ambientales adecuadas. Si bien, en promedio, las precipitaciones en la región alcanzan valores mensuales máximos durante los meses de octubre y marzo, los eventos de inundación dependen de vientos provenientes del sudeste que vienen acompañados de lluvias persistentes (Capelli y Campo 2004). Estos eventos, conocidos localmente como sudestadas, suelen ocurrir con mayor frecuencia entre los meses de abril a diciembre, con un pico de frecuencias en octubre, pero pueden suceder en cualquier momento del año (Agustín 2014). Las poblaciones de *Tamarix ramosissima* en Argentina se reproducen de noviembre a abril (Natale et al. 2008) y el acontecimiento de eventos de inundación durante estos meses puede ser el detonante que cause un incremento en el número poblacional de esta especie en la reserva. El islote no cuenta con estación meteorológica, pero registros periodísticos (Luciani 2021), apoyados por datos históricos de la estación meteorológica 877500 (SAZB) (Meteored), ubicada en la ciudad de Bahía Blanca, resaltan la ocurrencia de ocho sudestadas importantes en la zona de la reserva durante la época de reproducción de *Tamarix ramosissima* en los 100 años previos al año 2022 (Tabla 5). Es probable que el establecimiento de los primeros ejemplares de tamarisco haya ocurrido durante las sudestadas de 1976 y 1980. Las semillas podrían haber llegado transportadas por el viento desde el continente, ya que de allí provienen los vientos predominantes, procedentes del nornoroeste, noreste y norte (Perillo y Piccolo 2020). Las sudestadas de 1994 y 1996 podrían explicar la gran cantidad de ejemplares con edades estimadas entre 25 y 30 años. La sudestada de 2001 pudo haber propiciado el crecimiento de los individuos con edades estimadas entre 20 y 25 años y las inundaciones de 2007 y 2009 el desarrollo de los individuos con edades estimadas de 15 a 20 años y 10 a 15 años, respectivamente. Desde la sudestada ocurrida 13

años atrás no se encontraron registros de otra sudestada importante coincidente con la época reproductiva del tamarisco, lo que explicaría el bajo reclutamiento en los últimos diez años.

Tabla 5. Ocurrencia de sudestadas coincidentes con la época de reproducción de *Tamarix ramosissima* en la ciudad de Bahía Blanca en los 100 años previos al 2022.

Mes	Año	Años transcurridos hasta 2022
Febrero	1934	88
Abril	1976	46
Marzo	1980	42
Diciembre	1994	28
Diciembre	1996	26
Abril	2001	21
Abril	2007	15
Diciembre	2009	13

Viabilidad de la erradicación y Recomendaciones de manejo

La completa erradicación de especies invasoras ya establecidas suele ser un suceso raro (Mack et al. 2000), y existen además ciertos aspectos biológicos y ambientales que pueden dificultar la eliminación de *Tamarix ramosissima* de la reserva, como la gran capacidad de la especie de producción de semillas, el rebrote luego del corte y la reproducción vegetativa (Merkel y Hopkins 1957, Horton et al. 1960) y la poca accesibilidad a la reserva, a la que sólo puede llegarse a través de una embarcación durante pleamar cuando las condiciones climáticas son las adecuadas. Sin embargo, la población de *Tamarix ramosissima* en la reserva puede ser un candidato idóneo para llevar a cabo un plan de erradicación. En primer lugar, el hecho de que la reserva sea una isla, con una frontera ecológica y un cierto nivel de aislamiento geográfico, reduce la posibilidad de que existan individuos no detectados que generen nuevos focos de invasión, uno de los criterios a tener en cuenta en la evaluación de la posibilidad de erradicación de una especie sugeridos por Panetta y Lawes (2005). El área terrestre invadida de la reserva no es muy extensa (Panetta 2015), y la densidad puede considerarse muy baja (Stabler 2015). La edad reproductiva se alcanza tardíamente con respecto a lo esperado para el género (Merkel y Hopkins 1957) y el éxito de la reproducción aparenta estar condicionado a la ocurrencia de eventos de inundación (Natale et al. 2016, Horton et al. 1960, Warren y Turner 1975), que en la reserva suelen ocurrir asociados a las sudestadas (Capelli y Campo 2004) por lo que parece factible lograr tasas de remoción más altas que las tasas de crecimiento poblacional, en especial en años sin sudestadas durante la época de reproducción de la especie. Por último, las semillas de *Tamarix* pierden su viabilidad en unas pocas semanas (Horton et al. 1960, Di Tomaso 1998) por lo que no se forma un banco de semillas duradero (Natale et al. 2014), característica que

debería reducir la duración y por lo tanto el costo total de un plan de erradicación (Parkes y Panetta 2009, Panetta 2015).

Panetta (2015) propone un algoritmo para analizar la viabilidad de la erradicación de una planta exótica invasora en un área en particular, basado en la longitud del período juvenil, la persistencia de las semillas, y su modo y capacidad de dispersión. La población de tamariscos en la reserva exhibe un "síndrome de erradicación" con un período juvenil largo, una corta persistencia de semillas y una gran capacidad de dispersión no mediada por humanos. Un período juvenil largo y una corta persistencia de las semillas incrementan la viabilidad de la erradicación, mientras que una gran capacidad de dispersión no mediada por humanos la reducen. El valor de viabilidad para este "síndrome de erradicación" es de 3 sobre 8 siendo 1 el valor otorgado a las erradicaciones más viables. Así, en esta primera aproximación la erradicación de la población de *Tamarix ramosissima* de la reserva podría ser posible, pero a estos criterios deben sumarse otros factores, como el estado de avance de la invasión y el método de control.

De acuerdo a los resultados encontrados para estimar el esfuerzo requerido para extirpar las distintas categorías de tamaño de tamariscos, y las sugerencias de Mack y Lonsdale (2002) para la erradicación de plantas invasoras, pensamos que el mejor curso de acción es, en un principio, enfocar los recursos en la extirpación de los ejemplares más jóvenes y de menor tamaño, y después enfocar los recursos en los de mayor tamaño que posiblemente requieran otro tipo de logística y más personal. *Tamarix* suele tener un crecimiento muy ramificado, ocurriendo a veces muy cerca del suelo, y en los individuos de gran tamaño puede requerirse mucho desramado para lograr tener acceso a los troncos principales.

Recomendamos comenzar con la erradicación de los individuos ubicados al sureste del islote dado que son pocos, de tamaño pequeño o intermedio, están en las cercanías de la estación de guardaparques de la reserva y su extirpación ayudaría a liberar este sector y perfeccionar las herramientas de control. Aconsejamos además priorizar la erradicación de los tamariscos ubicados en sectores cercanos a la colonia de *Larus atlanticus*, dada la condición vulnerable de esta especie de gaviota y la importancia de esta colonia en su reproducción.

La efectividad de las herramientas de control para el género *Tamarix* depende de su capacidad de evitar el rebrote desde el sistema radicular principal o nodal (Shafroth et al. 2005). Para individuos de pequeño tamaño, de hasta poco más de un metro de altura, se recomienda la extracción mecánica de la planta completa (Sosa et al. 2006). Este método no fue probado en el Islote, por lo que debería comprobarse que los individuos pueden ser eliminados de esa manera, es decir, que pueden ser arrancados de raíz. Para individuos de mayor tamaño el método de extracción más efectivo ha demostrado ser la tala a la menor distancia posible del suelo seguida de la aplicación de herbicidas (Shafroth et al. 2005). En un trabajo realizado por Natale et al. (2014) se logró reducir el rebrote de tamariscos hasta solo el 11% de los casos aplicando Togar disuelto al 25% en gasoil inmediatamente después del corte. Es interesante considerar la opción de reemplazar el gasoil por aceite vegetal como adyuvante del herbicida, que mostró muy buenos resultados en el control de retamilla (*Genista*

monspessulana) en el Parque Provincial Ernesto Tornquist (Ramírez 2019). Estimamos que eliminar la totalidad de los individuos de tamarisco del islote requeriría un esfuerzo de trabajo total de 154,5 horas/persona, o aproximadamente 26 días, destinando cuatro horas diarias al corte, una hora diaria a la aplicación de herbicidas y una hora diaria a la movilización de un individuo a otro.

El éxito de un plan de erradicación depende en gran medida de la posterior prevención de la reinvasión (Mack et al. 2000), un monitoreo constante (Mack y Lonsdale 2002) y la detección y el manejo tempranos de nuevos focos de invasión (Parkes y Panetta 2009). Recomendamos un monitoreo más arduo luego de la ocurrencia de sudestadas dada la posible ventana de oportunidad que estos eventos pueden crear en el establecimiento de los tamariscos.

Bibliografía

Agustín GI (2014). Precipitaciones, sudestadas y su relación con el riesgo de inundación. Entre la gestión del riesgo y adaptación al Cambio Climático. Caso del barrio de Belgrano, Ciudad de Buenos Aires. Período 1981–2012.

APN-SIB (2021) Administración de parques nacionales-sistema de información de biodiversidad. http://www.sib.gob.ar. Consultado agosto 2021.

Capelli y Campo (2004) Climatología del estuario de Bahía Blanca. Grupo de Geografía Física Aplicada. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. https://ggfaweb.wordpress.com. Consultado octubre 2022.

Celleri C (2018) Dinámica de la vegetación en ambientes perimarinos del estuario de Bahía Blanca: Estudio a partir de datos in situ y satelitales. Tesis de Doctora en Biología. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

Clavero M, Brotonsa L, Pons P y Sol D (2009) Prominent role of invasive species in avian biodiversity loss. Biological Conservation, 142 (10): 2043–2049.

Delhey KV, Petracci PF y Grassini CM (2001) Hallazgo de una nueva colonia de la Gaviota de Olrog (*Larus atlanticus*) en la ría de Bahía Blanca, Argentina. Hornero, 16 (1): 39-42.

DeLoach CJ, Carruthers RI, Lovich JE, Dudley TL y Smith SD (2000) Ecological interactions in the biological control of Saltcedar (*Tamarix* spp.) in the United States: toward a new understanding. En: Spencer NR (ed) Proceedings of the X international symposium on biological control weeds. Montana State University, Bozeman, USA, pp 819–874.

Di Tomaso J (1998) Impact, Biology, and Ecology of Saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. Weed Technology, 12(2), 326-336.

Elton CS (1958) The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London, UK, pp 11-19.

Glenn EP, Tanner R, Mendez S, Kehret T, Moore D, Garcia J, Valdés C (1998) Growth rates, salt tolerance and water use characteristics of native and invasive riparian plants from the delta of the Colorado River, Mexico. Journal of Arid Environments, Volume 40, Issue 3, Pages 281-294. ISSN 0140-1963, https://doi.org/10.1006/jare.1998.0443.

Glenn EP y Nagler PL (2005) Comparative ecophysiology of *Tamarix ramosissima* and native trees in western U.S. riparian zones. Journal of Arid Environments 61 (3): 419–446.

Horton JS, Mounts FC y Kraft JM (1960) Seed germination and seedling establishment of phreatophyte species. Station Paper No. 48. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 26 p.

Horton JS (1977) The development and perpetuation of the permanent tamarisk type in the phreatophyte zone of the Southwest. In: Johnson, R. Roy; Jones, Dale A., tech. coords. Importance, preservation and management of riparian habitat: a symposium: Proceedings; 1977

July 9; Tucson, AZ. General Technical Report RM-43. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 124-127.

Luciani A (2021, 12 de junio) Bahía Blanca: la compuerta del sitio 19 y su enorme trascendencia. *Argenports*. https://www.argenports.com.ar/nota/bahia-blanca-la-compuerta-del-sitio-19-y-su-enorme-trascendencia. Consultado noviembre 2022.

Lowe S, Browne M, Boudjelas S y Poorter M De (2004) 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission, New Zealand, 11 pp.

Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M y Bazzaz FA (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications, 10: 689–710.

Mack RN y Lonsdale WM (2002) Eradicating invasive plants: hard-won lessons for islands. Turning the tide: the eradication of island invasives (ed. by C.R. Vietch and M.N. Clout), pp. 164–172. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 27. IUCN-The World Conservation Union, Auckland, New Zealand.

Merkel DL y Hopkins HH (1957) Life History of Salt Cedar (*Tamarix gallica* L.). Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-), 60(4), pp 360–369. https://doi.org/10.2307/3626390

Meteored (s.f.) Histórico del tiempo en Bahía Blanca: Aeropuerto Comandante Espora (SAZB). https://www.meteored.com.ar/tiempo-en_Bahia+Blanca-America+Sur-Argentina-Provincia+de+Buenos+Aires-SAZB-sactual-16884.html. Consultado noviembre 2022.

Ministerio de Ambiente, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (s.f.) Áreas Naturales Protegidas: Reserva Natural Islote De La Gaviota Cangrejera. https://www.ambiente.gba.gob.ar/anp/reserva_natural_islote_de_la_gaviota_cangrejera. Consultado noviembre 2022.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Aves Argentinas (2017) Categorización de las Aves de la Argentina. Informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y de Aves Argentinas, edición electrónica. CABA, Argentina, pp 146.

Natale E, Gaskin J, Zalba SM, Ceballos M y Reinoso H (2008) Especies del género *Tamarix* (Tamarisco) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 43: 137–145.

Natale E, Zalba SM, Oggero A y Reinoso H (2010). Establishment of *Tamarix ramosissima* under different conditions of salinity and water availability. Journal of Arid Environments. 74. 1399-1407. 10.1016/j.jaridenv.2010.05.023.

Natale E, Zalba SM y Reinoso H (2013) Presence–absence versus invasive status data for modelling potential distribution of invasive plants: saltcedar in Argentina. Ecoscience, 20: 161–171.

Natale E, Oggero A, Marini D y Reinoso H (2014) Restauración de bosque nativo en un área invadida por tamariscos *Tamarix ramossisima* en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Ecosistemas, 23: 130–136.

Natale E y Reinoso H (2016) The importance of flood events on the establishment of seedlings and cuttings of saltcedar (*Tamarix ramosissima*) Editora asociada: María Semmartin. Ecologia Austral, 26: 1-6.

Nentwig W (2007) Biological invasions. Springer-Verlag Ecological Studies, 193, Berlín, pp 221-232.

Panetta FD y Lawes R (2005) Evaluation of weed eradication programs: the delimitation of extent. Diversity and Distributions, 11: 435-442. https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00179.x

Panetta FD (2015) Weed eradication feasibility: lessons of the 21st century. *Weed Res.* 55: 226–238. doi: 10.1111/wre.12136.

Parkes J y Panetta FD (2009) Eradication of invasive species: progress and emerging issues in the 21st century. Invasive species management.

Perillo GME y Piccolo MC (2020) Physical Oceanography of the Bahía Blanca Estuary. Cap. 3. Páginas 31-50. En: Fiori S y Pratolongo PD (eds.). The Bahía Blanca Estuary. Ecology and Biodiversity. ISBN-978-3-030-66485-5.

Petracci P y Sotelo M (2013) Aves del estuario de Bahía Blanca: Una herramienta para su conocimiento y conservación. Grupo Editorial Muelle Sur. Bahía Blanca. 192 pp.

Petracci P (2020) Islote de la Gaviota Cangrejera. Áreas Costeras y Marinas Protegidas de la Argentina. Compilado por WCS Argentina y colaboradores. Recuperado el 14 de noviembre, 2022, de http://beta.ampargentina.org/areas/islote-de-la-gaviota-cangrejera/

Ramírez FJ (2019). Invasión de retamilla (*Genista monspessulana*) en las sierras australes bonaerenses: historia de su avance y estrategias de control. Tesina de Licenciatura en Ciencias Biológicas. UNS. 29 pp.

Richardson DM y Rejmánek M (2011) Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. Diversity and Distributions 17, 788–809.

Shafroth PB, Cleverly JR, Dudley TL et al. (2005) Control of *Tamarix* in the Western United States: Implications for Water Salvage, Wildlife Use, and Riparian Restoration. Environmental Management 35, 231–246. https://doi.org/10.1007/s00267-004-0099-5

SNIEEI (2021) Sistema Nacional de Información sobre Especies Exóticas Invasoras (I3N-Argentina). Universidad Nacional del Sur. www.inbiar.uns.edu.ar. Consultado agosto 2021.

Sosa H, Cruces E, Munafó L, Tamarit R, Martín S, Aranda L y Cornetti E (2006) Prueba de erradicación manual de parches herbáceos y arbustivos de tamarindo (*Tamarix* sp.) en sitio

Ramsar laguna Llancanelo Malargüe, Mendoza Argentina. II Jornadas Nacionales de Flora Nativa. III encuentro de cactáceas. Comisión de Flora Nativa, Mendoza, Argentina, pp 28–31.

Stabler LB (2015) Density and Biomass of Salt Cedar (Tamarix spp.) Along a Northwest to Southeast Transect in Oklahoma. Department of Biology, University of Central Oklahoma

Warren DK y Turner RM (1975). Saltcedar (*Tamarix chinensis*) Seed Production, Seedling Establishment, and Response to Inundation. Journal of the Arizona Academy of Science, 10(3), pp 135–144. https://doi.org/10.2307/40021795

Zavaleta E (2000) The economic value of controlling an invasive shrub. Ambio, 29 (8): 462–467.

Ziller SR y Zalba SM (2007) Proposals to prevent and control exotic invasive species. Natureza & Conservação, 5: 78–85.