



Salix humboldtiana único sauce nativo: Re-introducción y restauración de ambientes ribereños degradados por actividades agrícolas

Gustavo Giaccio¹; Débora Pérez²; Leonardo Gallo³; Raúl Corral¹; Florencia Pomponio⁴; Elena Okada⁴; Stefano Giaccio⁵; María del Rocío Franco²

¹ Chacra Experimental Integrada Barrow (MDA-INTA)

² Instituto para la Innovación Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (INTA Balcarce-CONICET)

³ Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal Estación, INTA Bariloche.

⁴ Instituto de Recursos Biológicos del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales (CIRN) INTA Castelar.

⁵ Instituto Superior de Formación Docente N° 163, Necochea.

giaccio.gustavo@inta.gob.ar

Problemática

Salix humboldtiana W. más conocido como sauce criollo, es el único representante nativo del género en Sudamérica. Actualmente sus poblaciones están extremadamente disminuidas, debido su devastación durante la época colonial y la posterior deforestación asociada a la actividad agrícola y a la ocupación de los hábitats ribereños por otras especies arbustivas y arbóreas. Por esta razón, para que podamos diferenciar a *S. humboldtiana* de las otras especies de *Salix* que habitan la región, primero haremos una descripción fenotípica de los ejemplares en pie relevados en la zona de los Partidos de Tres Arroyos y Coronel Dorrego, con la finalidad de identificarlo genéticamente, multiplicarlo por propagación vegetativa, para luego re-introducirlo en áreas ribere-

Presentamos una especie herbácea que representa un recurso prometedor para mitigar los impactos de degradación ambiental en las franjas ribereñas.



Figura 1 | Distribución de especies de *Salix* spp. reportadas en América del Sur. Estados de Brasil, 1: Paraná; 2: Santa Catarina; 3: Rio Grande Do Sul. Regiones de Chile, I: Tarapacá; II: Antofagasta; III: Atacama; IV: Coquimbo; V: Valparaíso; RM: Región Metropolitana; VI: O'Higgins; VII: Maule; VIII: Biobío; IX: Araucanía; XIV: Los Ríos; XV: Arica y Parinacota. Departamentos de Paraguay: 1: San Pedro; 2: Central; 3: Paraguari; 4: Ñeembucú. Departamentos de Uruguay: 1: Salto; 2: Paysandú; 3: Soriano; 4: Rivera; 5: Tacuarembó; 6: Durazno; 7: Florida; 8: Canelones; 9: Montevideo; 10: Treinta y tres; 11: Rocha; 12: Maldonado.

ñas y evaluar la potencialidad de utilizarla como especie fitorremediadora de ambientes degradados por actividades agropecuarias.

El género *Salix*, especies, distribución, adaptaciones y un poco de su historia en Argentina

Los árboles ribereños pertenecientes al género *Salix* se encuentran dentro de los más difundidos en ambientes templados a nivel mundial y en América del Sur. Estudios previos han reportado que Argentina es el país con mayor superficie cultivada y de crecimiento espontáneo de sauces en América. *S. humboldtiana* es la única especie nativa de sauce en Argentina, sin embargo, es más común encontrar especies exóticas adventicias como por ejemplo *S. fragilis* L., *S. babylonica* L., *S. alba* L., *S. caprea* L. y *S. viminalis* L.

La distribución de *Salix spp.* en el sur de Sudamérica se encuentra documentada en la base de datos del Instituto de Botánica Darwinian (IBODA CONICET) (<http://www.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/fa.htm>). En particular, la distribución de *S. humboldtiana* se describe desde la Región XV Arica y Parinacota al norte de Chile hasta la Provincia de Chubut en el sur de

Argentina, aunque también se encuentran algunos ejemplares en Brasil, Paraguay y Uruguay (Figura 1). También, se han descrito ejemplares desde América Central en México hasta países del Noroeste de América del Sur, y a lo largo del Río Amazonas (<https://www.gbif.org/es/especies/5372914>).

S. humboldtiana, se regenera principalmente a través de semillas dispersadas por el viento y agua, y comúnmente genera rodales de árboles jóvenes en bancos de arena de río. En menor medida se multiplica por esquejes de ramas. Una característica que lo diferencia de los otros sauces es la alta producción de glucósidos fenólicos, lo que le otorga resistencia al ataque de insectos.

Los únicos árboles nativos presentes en el interior de la Pampa antes de la colonización europea fueron el ombú (*Phytolacca dioica*) y el sauce criollo (*S. humboldtiana*). El primero se encontraba disperso en los pastizales y si bien anatómicamente es una hierba, morfológicamente se lo considera como un árbol. En el sur y sudeste de la Provincia de Buenos Aires, la matriz de vegetación estaba integrada por pastizales naturales con parches de vegetación arbórea compuestos por *S. humboldtiana* que se encontraban en las márgenes de ríos y arroyos; éstos márgenes actuaban como corredores conectando, a su vez, dis-

tintos parches. Los hábitats ribereños donde se encontraba *S. humboldtiana*, han sido objeto en principio de deforestación durante la época colonial, dada la dureza y nobleza de su madera, y posteriormente, de un intenso proceso de colonización por especies exóticas, principalmente *S. fragilis*. Ambos procesos, han llevado a las poblaciones de *S. humboldtiana* a tal punto de convertirlas en relictos de lo que fue una población nativa exuberante.

Usos del sauce criollo

El principal uso del sauce criollo es para la obtención de madera. Su uso comenzó en la época colonial y es la principal causa de la drástica disminución de su población. La madera se caracteriza por ser dura, rojiza y con alta densidad (0,50 g/cm³), superior a la de todos los demás sauces. Se utiliza tanto como combustible, como para la construcción y fabricación de barriles, postes, cajones, ebanistería, mangos de herramientas, embalajes, muebles y aberturas. Durante la colonización fue utilizada como madera de construcciones y hasta para la fabricación de barcasas. Por otro lado, sus ramas delgadas y flexibles se pueden utilizar como mimbre para hacer cestos y muebles. Las ramitas y hojas pueden ser forraje para el ganado, y sus flores producen néctar y polen



Figura 2 | Hojas de *Salix humboldtiana* (izquierda) y de *Salix fragilis* (derecha).



Figura 3 | Ejemplar de *Salix humboldtiana* en margen del arroyo Sauce Grande.

(melíferas). En medicina popular la corteza y hojas se emplean como anti-febril y antiinflamatorio, y para el tratamiento tópico de heridas. La corteza y en menor medida las hojas, contienen salicina, fenoglifos y oxalatos que tienen propiedades febrífugas, analgésicas, sedantes, tónicas, astringentes y antiespasmódicas para uso en medicina humana y veterinaria.

Salix exótico o nativo, ¿cómo los podemos diferenciar?

Una primera aproximación para realizar una identificación de las especies de *Salix* es la caracterización morfo-fenotípica. La especie *S. humboldtiana* se caracteriza por ser un árbol perenne de gran porte alcanzando alturas de hasta 20 m y tallos de 1 m. Las hojas son simples, muy angostas, lineares de color verde pálido claro y sus bordes son finamente aserrados, en comparación con las de *S. fragilis* (Figura 2). La corteza externa es profundamente fisurada, dando un aspecto de alta rugosidad, de color gris oscura. Es una especie con sexos separados en individuos masculinos e individuos femeninos y la polinización de las flores femeninas es realizada principalmente por insectos.

El entrecruzamiento entre distintas especies de *Salix* da como resultado árboles híbridos. Es por esto que es posible que algunos de los ejemplares en pie de *S. humboldtiana* no sean ejemplares puros sino el resultado del cruzamiento con clones exóticos. Si bien es posible identificar a los árboles híbridos en base a su aspecto morfo-fenotípico (hojas, yemas, corteza, arquitectura arbórea, color de la madera, etc.), es conveniente confirmar la pureza de los individuos utilizando herramientas moleculares. En la actualidad se cuenta con un locus microsatélite nuclear discriminante, el PGMC 223, cuyo alelo 176 en estado homocigota indica la pureza del individuo y su pertenencia a la especie *S. humboldtiana*.

En enero de 2022 se relevaron sitios en los partidos de Tres Arroyos y Coronel Dorrego donde se habían identificado algunos ejemplares relictos de *S. humboldtiana* durante octubre y diciembre de 2008 y 2009. Con el fin de determinar si las especies



Figura 4 | Ejemplar de *Salix fragilis* en margen del arroyo Claromecó.

presentes en esos sitios correspondían a *S. humboldtiana* puros se realizó un análisis molecular del alelo 176. Para esto se recolectaron 10 hojas por planta, que se secaron a temperatura ambiente durante 24 h y se colocaron en sobres de papel madera con sílica gel. Las muestras de hojas fueron enviadas a la Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal de la EEA INTA Bariloche, donde fueron acondicionadas para determinar la pureza específica a través de análisis molecular en el Instituto de Recursos Biológicos del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales- INTA Castelar. Las muestras correspondían a árboles que *a priori* fueron identificados por sus caracteres morfo-fenotípicos como *S. humboldtiana* (Figura 3). Como control negativo se incluyeron muestras de árboles con fenotipo de *S. fragilis* (Figura 4). A partir del análisis molecular, se pudo confirmar que los individuos identificados como sauce criollo se corresponden con esa especie y no son híbridos. Al comparar el número de individuos presentes en los sitios de muestreo, se observó una disminución del 33 % en el número de árboles de *S. humboldtiana* con respecto al relevamiento realizado 14 años atrás (Tabla 1).

Salix como potencial fitorremediadora

La fitorremediación se considera un mecanismo seguro y ecológico para restaurar ecosistemas acuáticos altamente degradados. Este proceso consta de la implantación de espe-

cies vegetales en ambientes degradados para su potencial descontaminación y restauración. De hecho, la fitorremediación es una técnica de remediación alternativa de bajo costo y ambientalmente aceptable.

Diferentes especies de *Salix* que habitan en Argentina se han utilizado como herramientas muy prometedoras para remover, fitoextraer, estabilizar, retener y bioacumular diversos contaminantes como elementos potencialmente tóxicos (metales y metaloides), plaguicidas, antibióticos, azocolorantes, solventes, hidrocarburos de petróleo, entre otros (Tabla 2). La especie más estudiada respecto a su potencial de fitorremediación hasta el momento es *S. fragilis*. En estudios llevados a cabo en arroyos de la Pampa Austral, se ha demostrado que los ejemplares de *S. fragilis* que conforman las franjas ribereñas favorecen dos procesos, por un lado, promueven la infiltración de agua de escorrentía que transporta sedimentos, nutrientes y el herbicida glifosato; y por otro lado, aumenta la degradación del herbicida glifosato. *S. humboldtiana* ha sido menos estudiada, sin embargo, se ha demostrado que tiene la capacidad de acumular zinc y residuos de plaguicidas organoclorados en suelos de la Patagonia argentina.

Estos estudios demuestran que en zonas de ribera los ejemplares de *Salix spp.* permiten disminuir el impacto desde los ecosistemas terrestres a los acuáticos, convirtiendo a este género en fitorremediador de ambientes degradados por actividades agrícolas e industriales.

Tabla 1 | Ubicación de sitios con *Salix humboldtiana* y evolución en número de árboles entre 2009 y 2022.

| Sitio | Descripción | Coordenadas geográficas | Nº árboles (2008-2009) | Nº árboles (2022) |
|-------|---------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Arroyo Claromecó | 38° 49' 35,4"S; 60° 05' 48,1"O | 1 | 1 |
| 2 | Arroyo Sauce Grande | 38° 45' 45,34" S; 61° 43' 06,59"O | 7 | 2 |
| 3 | Arroyo Seco | 38° 03' 03,5" S; 60° 24' 50,5"O | 1 | 0 |



CONSIDERACIONES FINALES

Salix spp. tiene varias ventajas sobre las especies herbáceas que componen los consorcios de las franjas ribereñas, como mayor profundidad radicular, alta producción de biomasa y alta tasa transpiratoria. Esto representa un recurso prometedor para mitigar los impactos de degradación ambiental, al mismo tiempo que se reduce la erosión del suelo, se retienen contaminantes, se proporcionan hábitats para una gran diversidad de organismos terrestres y acuáticos, se mejora el entorno y paisaje, y se genera un recurso de alto valor agregado como la madera, para sus diferentes usos.

En este sentido, la utilización de ejemplares del sauce criollo *S. humboldtiana* en procesos de restauración de ambientes degradados por actividades agrícolas, nos plantea dos grandes escenarios. En principio, estudiar si *S. humboldtiana* es capaz de acumular y tolerar contaminantes inorgánicos y orgánicos; y posteriormente, si es posible establecer zonas de implantación de ejemplares que puedan sobrevivir al impacto de actividades agrícolas en arroyos del Sur y Sudeste Bonaerense.



Tabla 2 | *Salix spp.* en estudios de remediación ambiental.

| Especie de <i>Salix</i> | Proceso de Remediación | Contaminante |
|-------------------------|---------------------------------|--|
| <i>S. alba</i> | Bioacumulación | Fenoles |
| | Bioacumulación | Arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo |
| <i>S. babylonica</i> | Remoción y bioacumulación | Anilina |
| | Bioacumulación | Plomo |
| <i>S. caprea</i> | Fitoextracción y bioacumulación | Calcio, cadmio, zinc, hierro, potasio, magnesio, fósforo |
| <i>S. fragilis</i> | Fitoextracción y bioacumulación | Cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo, zinc |
| | Bioacumulación y Metabolización | Antibióticos sulfamidas, sulfadiazina y sulfadimetoxina |
| | Retención | Glifosato |
| <i>S. viminalis</i> | Bioacumulación | Cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc |
| | Bioacumulación | Aceite mineral, benz oantraceno, benzopireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, naftaleno, |
| <i>S. humboldtiana</i> | Bioacumulación | Plaguicidas organoclorados |
| | Bioacumulación | Zinc |

Agradecimientos: Al Ing. Agr. Rodolfo Fangauf, al Sr. Gustavo Belén Casablanca. Financiamiento parcial del PID039 "Remediación de suelos y restauración ecológica de sistemas degradados por uso agropecuario, agroindustrial y actividades extractivas".