



Biorremediación de aguas contaminadas por actividades agropecuarias: Uso de la planta acuática *Typha spp.* (tatora) como organismo fitorremediador

María del Rocío Franco¹; Sandra Karina Medici²; Elena Okada¹; Débora Jesabel Pérez¹

¹ Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (IPADS) INTA Balcarce – CONICET.

² Instituto de Investigaciones en Producción, Sanidad y Ambiente (IIPROSAM) UNMDP- CONICET.

perez.debora@inta.gob.ar; rocio_franco@outlook.com

Presentamos estudios que demuestran la relevancia ecológica de esta especie en procesos de fitorremediación de aguas superficiales y humedales.

Ingreso de contaminantes de origen agropecuario a cuerpos de agua

Debido a la creciente demanda mundial de alimentos las producciones agrícola-ganaderas basadas en tecnologías, dependen en gran medida del uso de insumos, como plaguicidas, fertilizantes y fármacos veterinarios (antibióticos, antihelmínticos, antiparasitarios, promotores de crecimiento, hormonas, etc.) que garantizan la sanidad e inocuidad de los alimentos e incrementan los rendimientos.

Los plaguicidas, fertilizantes y fármacos veterinarios pueden contener trazas de metales pesados (p. ej. cadmio, cromo, níquel, zinc, arsénico, cobalto, plomo) como impurezas inorgánicas derivadas del proceso de manufactura. Cuando los plaguicidas y nutrientes son aplicados sobre los cultivos y el suelo, y los fármacos administrados a los animales (tasa de excreción por heces y orina varía entre 60 – 90 % del total administrado), pueden liberarse al ambiente y alcanzar los cuerpos de agua superficiales vinculados a los agroecosistemas, convirtiéndose en contaminantes. Los principales procesos que influyen en la dispersión ambiental de estos contaminantes son, la deriva durante las aplicaciones, el transporte atmosférico, la lixiviación vertical y escurrimiento superficial.

Plantas acuáticas y su importancia en los ecosistemas

Las plantas vasculares acuáticas, comúnmente llamadas macrófitas o hidrófitas, son organismos que juegan un papel esencial en estructurar las características físicas, químicas, hidrológicas y biológicas de los ecosistemas mediante la conversión de energía solar y dióxido de carbono en materia orgánica y oxígeno, así como en el ciclo de nutrientes, estabilización

de sedimentos, regulación del flujo de agua, provisión de hábitat, refugio y alimento para organismos vivos. Cumplen funciones vitales, como mejorar la calidad de las aguas, debido a que actúan como filtros acumulando e impidiendo la transferencia e ingreso de contaminantes orgánicos (plaguicidas y fármacos) e inorgánicos (nutrientes, metales pesados) desde ambientes terrestres a los cuerpos de aguas.

Las hidrófitas poseen distintos hábitos de crecimiento, ocupando diversos nichos ecológicos (Figura 1).

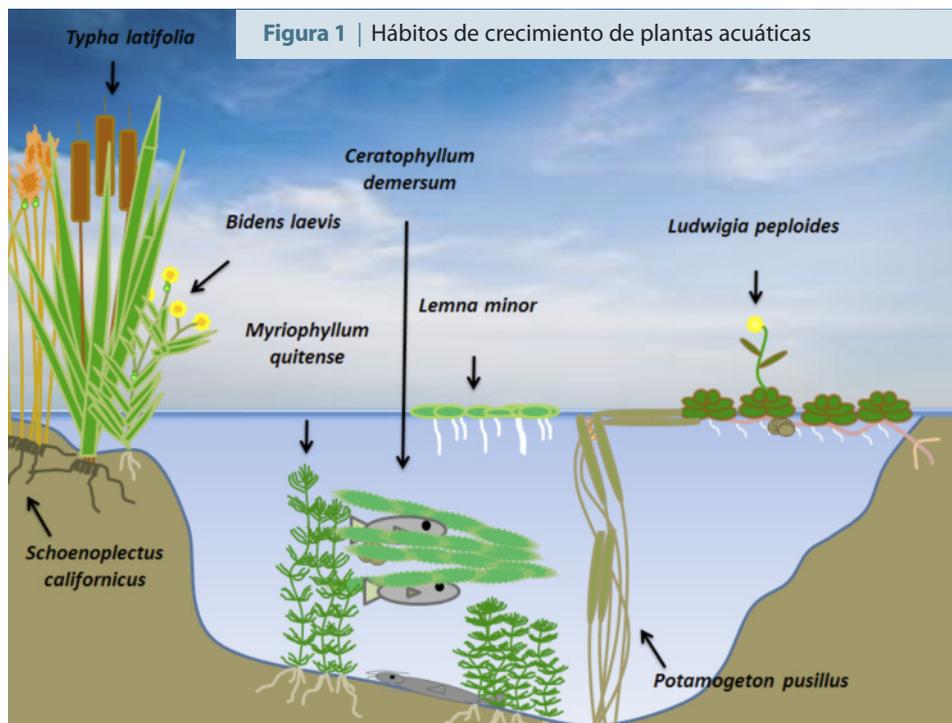


Figura 1 | Hábitos de crecimiento de plantas acuáticas

Figura 2 | A) Ejemplar de *Typha latifolia* en un arroyo del Sudeste Bonaerense. B) inflorescencia, C) total.

Encontramos plantas **flotantes libres**, como *Lemna minor* (lenteja de agua), *Salvinia minima* (acordeón de agua), *Azolla filiculoides* (helecho de agua), *Pistia stratiotes* (repollito de agua), *Eichornia crassipes* (camalote) que flotan libres en la superficie de cuerpos de agua de bajo flujo y poseen raíces modificadas que propician la flotabilidad. El grupo de las **sumergidas no enraizadas**, carentes de raíces y completamente sumergidas, como *Ceratophyllum demersum* (cola de zorro). También se encuentran las **sumergidas enraizadas**, cuyas raíces se desarrollan en los sedimentos, mientras que el cuerpo vegetal queda sumergido en la columna de agua, por ejemplo *Myriophyllum quitense* (gambarrusa), *Egeria densa* (peste de agua) y *Potamogeton pusillus* (pasto de agua). Las plantas **flotantes enraizadas**, que por lo general poseen dos tipos de raíces, unas que se desarrollan en los sedimentos para la sujeción y otras modificadas para aumentar la flotabilidad, el cuerpo vegetal flota en la superficie del agua, *Ludwigia peploides* (falsa verdolaga). Finalmente, las **emergentes enraizadas**, con raíces



sujetas al sedimento, parte del cuerpo dentro de la columna de agua y parte fuera del agua, como por ejemplo, *Typha latifolia* y *Typha domingensis*

(totora), *Schoenoplectus californicus* (junco), *Phragmites australis* (carrizo) y *Bidens laevis* (amor seco).





IRRISUR

EQUIPOS DE RIEGO

PIVOT CENTRAL - ESTACIONES DE BOMBEO - ACUEDUCTOS
RIEGO POR GOTEIO - PARQUES Y JARDINES



28 años

Brindando soluciones en la zona...

CONSULTE PLANES DE FINANCIACIÓN

Representante Oficial



VALLEY

una empresa del grupo VALMONT



Servicio postventa garantizado

Portillo 250 - LOBERIA
Pcia de Bs. As. - C.P. 7635
Tel/Fax 02261-440440
E-mail: irrisur@yahoo.com.ar
Web: www.irrisur.com.ar

Caracterización morfológica y distribución del género *Typha* en Argentina

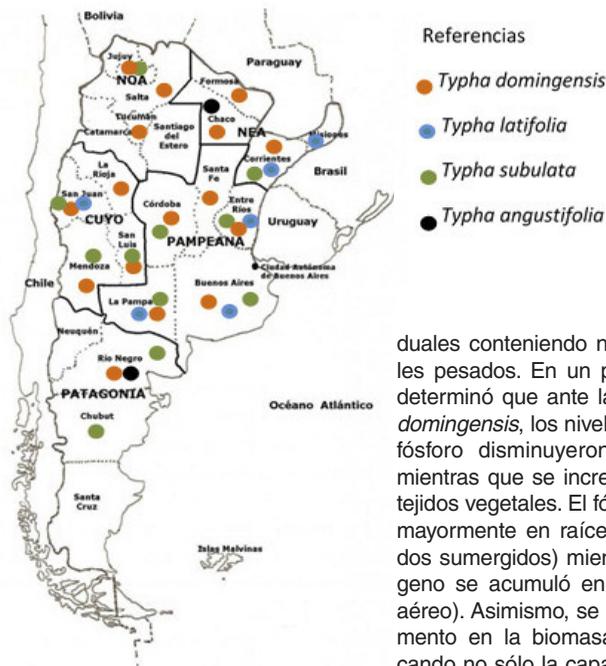
El género *Typha* (Familia Typhaceae), está comprendido por plantas monocotiledóneas perennes rizomatosas, acuáticas o palustres, herbáceas de tallos erguidos, cilíndricos desprovistos de nudos, con hojas simples lineares enteras (Figura 2A). Las plantas poseen flores masculinas y femeninas dispuestas en espigas cilíndricas compactas que se desarrollan en el extremo superior, formando una inflorescencia esponjosa de coloración marrón, característica del género (Figura 2B). Las plantas se reproducen sexualmente por semillas y vegetativamente a través de crecimiento clonal por medio de la propagación del rizoma subterráneo. El período de floración en el Sudeste Bonaerense es durante los meses de verano, y las nuevas plantas establecidas se propagan rápidamente formando grupos de abundante biomasa, llamados totorales (Figura 2C). El género *Typha* está distribuido mundialmente y en Argentina, habitan cuatro especies nativas, *T. angustifolia*, *T. domingensis*, *T. latifolia*, *T. subulata*. Estas cuatro especies se encuentran en la zona centro-sur y centro-norte del país (Figura 3), mientras que en la Patagonia su presencia está restringida debido a la aridez y escasa disponibilidad de agua.

Typha spp. como organismo fitorremediador de aguas contaminadas

Typha puede establecerse en una gran variedad de hábitats acuáticos y semi-acuáticos (orillas de lagos, lagunas, arroyos, estuarios, pantanos, zanjas de drenaje y canales de riego), con suelos y sedimentos húmedos o saturados, ambientes anóxicos, a diferentes profundidades de agua y texturas de suelos y sedimentos, así como en ambientes altamente degradados por contaminación. En estos ambientes, *Typha* brinda una variedad de servicios y funciones al ecosistema, convirtiéndose en un organismo clave en los cuerpos de agua dulce y salobre:

- Sus grandes rizomas subterráneos estabilizan el sedimento, disminuyendo la turbidez del agua suprayacente.
- Las raíces pueden liberar oxígeno beneficiando a los organismos

Figura 3 | Distribución de especies de *Typha* en Argentina



rizosféricos y propiciando el establecimiento de otras especies.

- Reduce la eutrofización de los cuerpos de agua, debido a su alta capacidad de absorción y acumulación de nutrientes como fósforo y nitrógeno y a la liberación de aleloquímicos que inhiben las floraciones de fitoplancton perjudiciales.

La alta versatilidad de colonización de distintos ambientes, dada principalmente por su rápido crecimiento clonal, la alta y rápida producción de biomasa subterránea y aérea, su vasta tolerancia frente a la exposición a contaminantes, así como su fácil reproducción en laboratorio (Figura 4), convierten al género *Typha* en plantas adecuadas para utilizarse en procesos de restauración y remediación de ecosistemas acuáticos degradados, mediante su implantación en estos sitios y su uso en humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales, mediante el proceso de fitorremediación.

Diversos estudios demuestran que las especies del género *Typha* son excelentes organismos bioacumuladores de contaminantes de origen agrícola - ganadero, lo que favorece el proceso de fitorremediación. Ejemplos del uso de *Typha* para la captación y acumulación en sus tejidos de contaminantes agropecuarios se mencionan a continuación.

***Typha domingensis*:** Esta especie ha sido utilizada en humedales artificiales para el saneamiento de aguas resi-

duales conteniendo nutrientes y metales pesados. En un primer estudio se determinó que ante la presencia de *T. domingensis*, los niveles de nitrógeno y fósforo disminuyeron en las aguas, mientras que se incrementaban en los tejidos vegetales. El fósforo se acumuló mayormente en raíces y rizomas (tejidos sumergidos) mientras que el nitrógeno se acumuló en las hojas (tejido aéreo). Asimismo, se observó un incremento en la biomasa generada, indicando no sólo la capacidad de acumulación de ambos nutrientes, sino también la habilidad de utilizarlos en un eficiente desarrollo de la planta.

Otro estudio demostró la capacidad de esta especie de acumular y tolerar altas concentraciones de metales pesados, como níquel, cromo y zinc. Estos metales se acumularon en raíces y hojas sin afectar la vitalidad de las plantas, indicando la alta tolerancia de esta especie a estos contaminantes.

Un reciente estudio a escala de mesocosmo, demostró la capacidad de esta especie de remover desde el medio el fármaco diurético de uso veterinario furosemida. La exposición de las plantas de *T. domingensis* a furosemida no indujo una respuesta de estrés negativa visible a nivel morfológico, y las plantas mostraron una tasa de crecimiento positiva al final del experimento.

***Typha latifolia*:** es una de las especies más estudiadas a nivel nacional e internacional. Estudios recientes demuestran la capacidad de esta especie de incorporar, bioacumular y biodegradar plaguicidas de uso actual y fármacos de uso veterinario.

En principio, se estudió la capacidad de incorporación y acumulación de los herbicidas atrazina, metalaxyl y simazina. Estos herbicidas se acumularon principalmente en las hojas, y en menor medida en raíces y rizoma. En este estudio se demostró que, si bien las plantas tuvieron capacidad de remover y acumular los herbicidas en sus teji-

Figura 4 | Reproducción hidropónica de *Typha latifolia* en cámaras de crecimiento a partir de rizomas.



dos, sufrieron efectos fitotóxicos, como reducción en la tasa de transpiración, crecimiento, y peso de raíces, vástago y brotes. En el caso de la exposición a atrazina, se observó un incremento de productos de degradación metabólica en raíces y hojas, indicando la capacidad de esta especie de eliminar el contaminante de los tejidos. Otras investigaciones emplearon esta especie para estudiar la captación, acumulación, remoción y la cinética de eliminación desde el medio de exposición de los fungicidas imazalil y tebuconazol. Se observó que las concentraciones de ambos fungicidas en solución decrecieron, al mismo tiempo que ambos compuestos se acumularon principalmente en raíces y brotes. Asimismo, se observó la presencia de productos de degradación metabólica en los tejidos de las plantas. Del mismo modo, que ante la exposición a herbicidas, se observaron reducciones en la tasa de crecimiento y la producción de biomasa fresca.

Otro estudio demostró la capacidad de esta especie para absorber del medio ambiente y biodegradar en sus tejidos, residuos del antiinflamatorio diclofenac. El diclofenac se acumuló tanto en raíces, como en hojas. Ante la exposición a este fármaco, se observó una activación del sistema de defensa antioxidante de la planta, e incrementos de la hidroxilación del diclofenac, convirtiéndolo en un producto de degradación metabólica. En un estudio reciente, también se evaluó el ingreso y acumulación de los antibióticos ciprofloxacina y sulfametoxazol. La acumulación de estos fármacos resultó ser mayor en las raíces que en las hojas, indicando un lento pasaje hacia los tejidos aéreos de la planta.

***Typha angustifolia*:** Es una especie que esta poco explorada en estudios de fitorremediación. Sin embargo, un estudio a escala de campo ha informado acerca de la acumulación en sus

tejidos de plaguicidas de uso histórico, como algunos plaguicidas organoclorados, y del antibacteriano triclosán. Estos compuestos se acumularon altamente en raíces, y se translocaron con menor eficiencia a las hojas. Asimismo, se observó que esta espe-

cie tiene capacidad de biodegradar al triclosán en su metabolito metil-triclosán. Los resultados mostraron la capacidad que tiene *T. angustifolia* en humedales artificiales para eliminar contaminantes orgánicos así como de biotransformarlos.

CONSIDERACIONES FINALES

La especie *T. latifolia* ha sido la más estudiada en procesos de acumulación a nivel nacional como internacional. En Argentina además de *T. latifolia*, la especie *T. domingensis* está siendo estudiada para su uso en biorremediación, mientras que las otras especies mencionadas no están tan exploradas. En este sentido, diversos estudios han demostrado la capacidad de *Typha* de acumular, remover y metabolizar contaminantes derivados de actividades agrícola-ganaderas, destacando su utilidad en procesos de fitorremediación de aguas superficiales y humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales. En conclusión, *Typha* es un género ecológicamente relevante para una variedad de cuerpos de agua superficiales, y por lo tanto cumple el criterio de "relevancia ecológica para el ecosistema".



Estación Experimental
Agropecuaria Balcarce
"Ing. Agr. Domingo R. Pasquale"
Centro Regional Buenos Aires Sur



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



Celebramos haber transitado juntos este año
y los invitamos a renovar los sueños y las esperanzas para el próximo.

¡Feliz Navidad! y ¡Feliz Año Nuevo!

Son los deseos de quienes hacemos *Visión Rural*.

Equipo de
Visión Rural