



CAPACIDAD BIOMONITORA DE METALES DE *Typha domingensis* Pers. EN LA LLANURA DE INUNDACIÓN DEL RÍO PARANÁ MEDIO

Denaro, Ana

Instituto de Química Aplicada del Litoral (IQAL, CONICET-UNL)

Director: Hadad, Hernán

Codirectora: Mufarrege, María de las Mercedes

Área: Ciencias Biológicas

Palabras claves: Macrófitas, Metales, Biomonitorio

INTRODUCCIÓN

Debido a que los metales son uno de los principales contaminantes de humedales, resulta imperioso profundizar el conocimiento sobre la contaminación presente en estos ecosistemas y sobre la importancia de las macrófitas como indicadores y biomonitoras de estos contaminantes. En los últimos años, diferentes estudios enfocados en el uso de plantas acuáticas como biomonitoras de metales, se han llevado a cabo a nivel mundial, lo cual indica un creciente interés en la temática (Polechonska y Klink, 2021; Gupta y Mehrotra, 2020). Los mecanismos de absorción y acumulación de metales por parte de las plantas son muy complejos ya que dependen de la movilidad de estos metales en el sedimento, su biodisponibilidad y de factores químicos y físicos. Tanto en humedales naturales como construidos, las macrófitas son el principal componente biológico. Por esto, es necesario profundizar los estudios para comprender la capacidad biomonitora y la tolerancia de las especies nativas a los metales, lo que permitiría proteger a los ecosistemas naturales de cualquier evento que genere un riesgo a su integridad

OBJETIVO

- Evaluar la capacidad biomonitora de metales de *Typha domingensis* en humedales periurbanos de la llanura de inundación del río Paraná medio.

Título del proyecto: Macrófitas para el biomonitorio de contaminantes en humedales periurbanos que reciben contaminación de distinto origen

Instrumento: PICT

Año convocatoria: 2016

Organismo financiador: FONCyT

Director: Hernán Hadad

METODOLOGÍA

Durante el año 2021 se realizaron 2 muestreos correspondientes a verano e invierno. Se estudiaron cuatro humedales periurbanos localizados en el valle de inundación del Río Paraná Medio: **Parque Industrial**, situado en la localidad de Sauce Viejo (31°42'40" S; 60°48'17" O). Este sitio corresponde a una cuneta, que se encuentra al costado de la Ruta Nacional 11 en el acceso de un Parque Industrial. **Reserva Ecológica de la ciudad universitaria**, RECU (31°38'21" S; 60°40'26" O). Laguna de una reserva ecológica urbana que recibe aguas de escorrentía proveniente del campus deportivo de la Universidad Nacional del Litoral. **Rincón** (31°36'21" S; 60°33'49" O). Reservorio en las afueras de la



ciudad de Rincón. Numerosas viviendas y algunos residuos sólidos urbanos (formación de micro basurales). **Arroyo Leyes** (31°33'54" S; 60°32'58" O). Laguna, formada por movimientos de suelo en las afueras de la localidad de Arroyo Leyes. Alrededor hay viviendas y algunos residuos sólidos. Este sitio fue seleccionado como sitio Control, debido a que presenta menor contaminación visible.

Para el estudio se seleccionó la especie emergente *Typha domingensis*, por su abundancia y representatividad en los sitios seleccionados. En cada sitio se realizó la caracterización fisicoquímica del agua (datos no incluidos en este resumen). En tejidos vegetales, sedimento y agua se determinaron las concentraciones de metales (Pb, Zn, Pu, Cr; APHA, 2012), fósforo total (PT; Murphy y Riley 1962), y nitrógeno total Kjeldahl (NTK; APHA, 2012). Las plantas se separaron en diferentes partes, de acuerdo con el siguiente criterio: rizoma, raíz, partes aéreas de hojas y partes sumergidas de hojas. Para la determinación de metales, las muestras fueron tratadas según el método EPA 200.2 (USEPA, 1994) y analizadas por espectrometría de absorción atómica (APHA, 2012). Se determinó la concentración de clorofila *a* en hojas siguiendo la metodología descrita por Westlake (1974).

Se realizó análisis de la varianza para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de los metales entre los diferentes tejidos vegetales y sitios estudiados, y en las concentraciones de clorofila *a* determinadas en los diferentes sitios, entre sitios y por estación. Se realizaron comparaciones Post-Hoc y se testearon los supuestos correspondientes. Todas las comparaciones se realizaron utilizando un valor $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la **Tabla 1** se muestran las concentraciones de metales, P y NTK en tejidos de *T. domingensis*, sedimento (mg g^{-1} p.s.) y agua (mg/L) determinados durante verano e invierno del año 2021.

Metales en tejidos: en todos los sitios, las concentraciones de Pb y Cr fueron significativamente mayores en verano, respecto a invierno. El sitio Parque Industrial mostró las mayores concentraciones de estos metales. Respecto a los diferentes tejidos evaluados, las raíces acumularon las mayores concentraciones de los metales estudiados. El Zn mostró las más altas concentraciones en las dos estaciones y en todos los sitios, lo cual resulta en concordancia con su rol como micronutriente.

Metales en sedimento y agua: en sedimento, las concentraciones de Pb, Zn, Cu y Cr fueron significativamente mayores en el sitio Parque Industrial, respecto al resto de los sitios estudiados, con excepción del Pb y el Cu en la estación de invierno en el sitio Rincón. Esto concuerda con que son sitios urbanos y con presencia de micro basurales.

La concentración de metales en agua se encontró por debajo de los límites de detección del método empleado, con excepción del Zn en los sitios Rincón y RECU en invierno.

Nutrientes en tejidos: en verano se detectaron las más altas concentraciones de PT en las partes sumergidas de hojas en los sitios Rincón y RECU. En el sitio Parque Industrial, la máxima concentración registrada fue en rizomas. En invierno, se registraron las máximas concentraciones de PT en rizomas del sitio RECU. La máxima concentración de PT determinada en partes aéreas de hojas se encontró en el sitio Rincón. En cuanto al NTK, en verano los valores más altos se determinaron en partes sumergidas de hojas del sitio RECU y en rizomas del sitio Parque Industrial. En invierno se registraron las concentraciones más altas de NTK en rizomas respecto a los otros órganos de todos los sitios estudiados, excepto en el sitio Parque Industrial donde las mayores concentraciones de NTK se registraron en partes aéreas de hojas.

Nutrientes en sedimento y agua: en sedimento se registró la mayor concentración de P en el sitio RECU en invierno. Esto, probablemente, se deba a la presencia de una

descarga de líquidos provenientes del predio de la UNL en el lugar dónde se tomaron las muestras. También, en este mismo sitio en la estación de verano, se registró la máxima concentración de NTK en sedimento. En agua, las máximas concentraciones de PT se registran en verano en los sitios Rincón y Arroyo Leyes y, en invierno, en el sitio Arroyo Leyes. En cuanto al NTK en agua, se registró el mayor valor en el sitio Arroyo Leyes en invierno, seguido por el sitio RECU en verano.

Tabla 1. Concentraciones medias (\pm DS) de metales, P y NTK en diferentes tejidos de *T. domingensis*, sedimento (mg g^{-1} p.s.) y agua (mg L^{-1}) determinadas en los humedales estudiados.

Sitios Órganos	Pb		Zn		Cu		Cr		PT		NTK	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
Rincón												
Rizomas	0,014 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,037 $\pm 0,004$	0,038 $\pm 0,002$	0,013 $\pm 0,003$	0,005 $\pm 0,001$	0,011 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,919 $\pm 0,073$	2,589 $\pm 0,153$	13,660 $\pm 0,002$	11,7 $\pm 0,002$
Raíces	0,043 $\pm 0,001$	0,013 $\pm 0,001$	0,115 $\pm 0,001$	0,156 $\pm 0,006$	0,041 $\pm 0,002$	0,021 $\pm 0,001$	0,030 $\pm 0,001$	ND (0,002)	3,455 $\pm 0,112$	3,589 $\pm 0,363$	7,850 $\pm 0,002$	7,9 $\pm 0,003$
Partes aéreas de hojas	0,014 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,037 $\pm 0,004$	0,035 $\pm 0,005$	0,025 $\pm 0,005$	ND (0,0016)	0,011 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,031 $\pm 0,231$	5,589 $\pm 0,240$	13,810 $\pm 0,002$	6,2 $\pm 0,001$
Partes sumergidas de hojas	0,015 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,065 $\pm 0,001$	0,039 $\pm 0,004$	0,016 $\pm 0,004$	ND (0,0016)	0,012 $\pm 0,001$	ND (0,002)	4,277 $\pm 0,290$	4,589 $\pm 0,142$	8,960 $\pm 0,001$	3,2 $\pm 0,001$
Sedimento	0,027 $\pm 0,002$	0,049 $\pm 0,001$	0,041 $\pm 0,002$	0,057 $\pm 0,003$	0,028 $\pm 0,010$	0,056 $\pm 0,002$	0,039 $\pm 0,002$	0,015 $\pm 0,001$	0,204 $\pm 0,020$	0,260 $\pm 0,056$	0,835 $\pm 0,002$	0,422 $\pm 0,004$
Agua	ND (0,079)	ND (0,079)	ND (0,03)	0,061 $\pm 0,001$	ND (0,016)	ND (0,016)	ND (0,02)	ND (0,02)	1,299 $\pm 0,030$	0,437 $\pm 0,015$	0,98 $\pm 0,002$	2,465 $\pm 0,004$
RECU												
Rizomas	0,016 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,030 $\pm 0,003$	0,045 $\pm 0,002$	0,008 $\pm 0,005$	ND (0,0016)	0,033 $\pm 0,004$	ND (0,002)	2,262 $\pm 0,024$	3,651 $\pm 0,125$	12,110 $\pm 0,003$	19,6 $\pm 0,002$
Raíces	0,020 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,048 $\pm 0,001$	0,051 $\pm 0,003$	0,019 $\pm 0,006$	0,004 $\pm 0,001$	0,025 $\pm 0,001$	ND (0,002)	3,019 $\pm 0,094$	2,891 $\pm 0,445$	10,470 $\pm 0,005$	6,6 $\pm 0,002$
Partes aéreas de hojas	0,016 $\pm 0,004$	ND (0,0079)	0,060 $\pm 0,023$	0,030 $\pm 0,001$	0,015 $\pm 0,001$	ND (0,0016)	0,025 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,225 $\pm 0,075$	1,448 $\pm 0,017$	8,320 $\pm 0,002$	14,2 $\pm 0,002$
Partes sumergidas de hojas	0,015 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,039 $\pm 0,004$	0,027 $\pm 0,001$	0,019 $\pm 0,006$	ND (0,0016)	0,026 $\pm 0,001$	ND (0,002)	3,522 $\pm 0,065$	1,906 $\pm 0,118$	24,500 $\pm 0,003$	5,2 $\pm 0,002$
Sedimento	0,028 $\pm 0,001$	0,027 $\pm 0,001$	0,062 $\pm 0,033$	0,026 $\pm 0,001$	0,020 $\pm 0,010$	0,005 $\pm 0,001$	0,042 $\pm 0,014$	0,009 $\pm 0,001$	0,421 $\pm 0,017$	57,493 $\pm 1,442$	10,781 $\pm 0,020$	2,585 $\pm 0,023$
Agua	ND (0,079)	ND (0,079)	ND (0,03)	0,039 $\pm 0,002$	ND (0,016)	ND (0,016)	ND (0,02)	ND (0,02)	0,19 $\pm 0,030$	0,373 $\pm 0,004$	2,66 $\pm 0,020$	1,541 $\pm 0,023$
Parque Industrial												
Rizomas	0,023 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,545 $\pm 0,003$	0,159 $\pm 0,001$	0,019 $\pm 0,003$	0,012 $\pm 0,005$	0,023 $\pm 0,001$	ND (0,002)	4,115 $\pm 0,107$	2,296 $\pm 0,218$	18,620 $\pm 0,003$	12,1 $\pm 0,001$
Raíces	0,036 $\pm 0,002$	0,012 $\pm 0,002$	0,959 $\pm 0,072$	0,698 $\pm 0,036$	0,046 $\pm 0,013$	0,027 $\pm 0,001$	0,041 $\pm 0,003$	ND (0,002)	2,008 $\pm 0,092$	1,439 $\pm 0,116$	10,040 $\pm 0,002$	4,8 $\pm 0,003$
Partes aéreas de hojas	0,024 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,396 $\pm 0,031$	0,140 $\pm 0,001$	0,032 $\pm 0,013$	0,032 $\pm 0,000$	0,030 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,900 $\pm 0,228$	0,964 $\pm 0,013$	13,240 $\pm 0,002$	14,1 $\pm 0,003$
Partes sumergidas de hojas	0,025 $\pm 0,003$	ND (0,0079)	0,389 $\pm 0,010$	0,178 $\pm 0,001$	0,019 $\pm 0,004$	ND (0,0016)	0,022 $\pm 0,001$	ND (0,002)	3,158 $\pm 0,100$	0,712 $\pm 0,041$	9,110 $\pm 0,001$	6,3 $\pm 0,011$
Sedimento	0,042 $\pm 0,001$	0,046 $\pm 0,001$	0,391 $\pm 0,007$	0,329 $\pm 0,012$	0,035 $\pm 0,002$	0,037 $\pm 0,001$	0,058 $\pm 0,001$	0,046 $\pm 0,001$	0,804 $\pm 0,010$	1,219 $\pm 0,041$	2,062 $\pm 0,015$	3,111 $\pm 0,005$
Agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arroyo Leyes (control)												
Rizomas	0,016 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,027 $\pm 0,001$	0,030 $\pm 0,002$	0,013 $\pm 0,003$	0,003 $\pm 0,000$	0,013 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,797 $\pm 0,111$	1,898 $\pm 0,253$	9,780 $\pm 0,005$	14,8 $\pm 0,002$
Raíces	0,021 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,054 $\pm 0,002$	0,041 $\pm 0,001$	0,015 $\pm 0,002$	0,009 $\pm 0,000$	0,017 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,402 $\pm 0,150$	1,569 $\pm 0,111$	12,730 $\pm 0,001$	10,4 $\pm 0,021$
Partes aéreas de hojas	0,017 $\pm 0,001$	ND (0,0079)	0,028 $\pm 0,006$	0,019 $\pm 0,001$	0,005 $\pm 0,001$	ND (0,0016)	0,013 $\pm 0,001$	ND (0,002)	1,835 $\pm 0,022$	0,748 $\pm 0,032$	14,870 $\pm 0,005$	5,4 $\pm 0,001$
Partes sumergidas de hojas	0,018 $\pm 0,002$	ND (0,0079)	0,019 $\pm 0,001$	0,018 $\pm 0,001$	0,005 $\pm 0,001$	ND (0,0016)	0,014 $\pm 0,001$	ND (0,002)	2,448 $\pm 0,031$	0,969 $\pm 0,017$	5,840 $\pm 0,003$	3,4 $\pm 0,001$
Sedimento	0,021 $\pm 0,001$	0,028 $\pm 0,001$	0,044 $\pm 0,001$	0,069 $\pm 0,003$	0,007 $\pm 0,001$	0,016 $\pm 0,001$	0,037 $\pm 0,001$	0,014 $\pm 0,002$	0,803 $\pm 0,010$	0,756 $\pm 0,013$	1,355 $\pm 0,20$	3,136 $\pm 0,023$

Agua	ND (0,079)	ND (0,079)	ND (0,03)	ND (0,03)	ND (0,016)	ND (0,016)	ND (0,02)	ND (0,02)	1,216 ±0,004	0,836 ±0,035	1,4 ±0,002	4,622 ±0,025
------	---------------	---------------	--------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------

ND= no detectado. Los valores entre paréntesis corresponden a los límites de detección del método. V: verano. I: Invierno. En el sitio Parque Industrial no se muestreó agua porque se encontró seco durante todo el estudio.

Tabla 2. Concentraciones medias (\pm DS). de clorofila en plantas determinadas en verano e invierno en cada sitio estudiado (mg g^{-1}).

Sitio	Rincón	Parque Industrial	RECU	Leyes (control)
Verano	1,24 \pm 0,09	2,06 \pm 0,19	3,45 \pm 0,06	2,89 \pm 0,12
Invierno	-	1,46 \pm 0,03	5,55 \pm 0,25	1,59 \pm 0,48

En la **Tabla 2** se encuentran expresadas las concentraciones de clorofila *a*. Se registraron concentraciones de este pigmento significativamente mayores en el sitio RECU, respecto al resto de los sitios, tanto en verano como en invierno. Este resultado concuerda con las altas concentraciones de nutrientes registradas en este sitio, probablemente explicadas por una descarga de líquidos provenientes del predio deportivo de la UNL. En verano en el sitio Rincón, la concentración determinada fue la más baja, seguida por la concentración registrada en el sitio Parque Industrial en invierno. Estos valores, concuerdan con las mayores concentraciones de metales reportadas en Rincón y Parque Industrial. No se muestran valores de clorofila para el sitio Rincón en invierno, porque la biomasa aérea de las plantas se encontraba seca.

CONCLUSIONES

Las plantas de *T. domingensis* acumularon metales principalmente en raíces, demostrando ser este compartimento el más eficiente para ser utilizado en estudios de biomonitorio. Existieron diferencias en la acumulación de los metales en verano respecto a invierno. Sin embargo, sería apresurado atribuir esta diferencia a la capacidad acumuladora de la planta, debido a que los sitios de muestreo son muy dinámicos y varían hidráulicamente a lo largo del año.

Las mayores concentraciones de clorofila *a* determinadas en el sitio RECU, concuerdan con las concentraciones de nutrientes significativamente mayores determinadas para este sitio. Por otro lado, las menores concentraciones de clorofila *a* medidas en los sitios Parque Industrial y Rincón concuerdan con las concentraciones de metales determinadas en esos sitios.

Resulta necesario continuar con el monitoreo en estos sitios, con el fin de alcanzar un mayor entendimiento de la dinámica de metales y nutrientes en humedales peri-urbanos y en el uso de macrófitas como biomonitoras.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- APHA, AWWA, WEF. 2012.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd edition, American Public Health Association, Washington D.C.
- Gupta, S., Mehrotra, P. 2020.** Biomonitoring of metals contamination in aquatic ecosystems by macrophytes. Int. J. Sci. Technol. Res. 9(2).
- Murphy, J., Riley, J. P. 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta, 27, 31-36.
- Polechonska, L., Klink, A. 2021.** Validation of *Hydrocharis morsus-ranae* as a possible bioindicator of trace element pollution in freshwaters using *Ceratophyllum demersum* as a reference species. Environ. Pollut. 269, 116145.
- USEPA, A. 1994.** Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule US EPA/832/r- 93/003. Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management, Washington DC.