

Diagnóstico preliminar de la fitotoxicidad del agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza, Argentina

Preliminary diagnosis of the phytotoxicity of irrigation water in linear public trees in the city of Mendoza, Argentina

Giai, Marcos; Graña, Gerardo;
Damiani, María Elba Beatriz

Facultad de Farmacia y Bioquímica
Universidad Juan Agustín Maza. Mendoza. Argentina

Contacto: mgiai@umaza.edu.ar

Palabras claves: fitotoxicidad, riego, acequias, arbolado,
Mendoza

Key words: phytotoxicity, irrigation, ditches, trees, Mendoza

Resumen

Introducción: La medición de los niveles de fitotoxicidad en las aguas de riego metropolitanas generarán una línea de base de contaminación de las mismas. La fitotoxicidad es un efecto nocivo o dañino de una sustancia química que se puede expresar en distintos órganos en la planta. **Objetivo:** El objetivo de este trabajo es diagnosticar la fitotoxicidad del agua de riego de la ciudad de Mendoza y en base a ello confeccionar un mapa de riesgo urbano. **Materiales y métodos:** Se realizó un muestreo en la zona metropolitana de Mendoza, consistente en la toma de muestras de agua de los canales de riego urbanos (acequias/canales) en las zonas donde existe mayor densidad arbórea de acuerdo al relevamiento del mapa de sombras para la ciudad de Mendoza. Sobre las mismas se realizó el ensayo de toxicidad aguda con semillas de *Lactuca sativa*, que mide la calidad fitotóxica del agua de riego, mediante la inhibición de la germinación de dichas semillas. **Resultados:** Se analizaron 30 muestras de agua de riego, procedentes de los canales afluentes y del sistema de riego urbano correspondientes a zonas residenciales y comerciales. Se evidenció fitotoxicidad leve en el 14% de las muestras residenciales y fitotoxicidad moderada-elevada en 76% de las muestras de zona comercial. **Conclusiones:** Se encontró una elevada prevalencia de fitotoxicidad en la zona comercial de la ciudad de Mendoza, asociada a la eliminación de desechos líquidos no controlados de su actividad comercial y por efecto antrópico de dichas actividades.

Abstract

Introduction: The measurement of phytotoxicity levels in metropolitan irrigation waters will generate a baseline of their contamination. Phytotoxicity is a harmful or harmful effect of a chemical substance that can be expressed in different organs in the plant. **Objective:** The objective of this work is to diagnose the phytotoxicity of the irrigation water of Mendoza City and based on it to make an urban risk map. **Materials and methods:** A sampling was carried out in the metropolitan area of Mendoza, consisting of taking water samples from urban irrigation canals (ditches / canals) in areas where there is a higher tree density according to the shadow map of Mendoza City. The acute toxicity test with *Lactuca sativa* seeds was carried out on them, which measures the phytotoxic quality of irrigation water, by inhibiting the germination of said seeds. **Results:** 30 samples of irrigation water were analyzed, origin of the tributary channels and the urban irrigation system corresponding to residential and commercial areas. Mild phytotoxicity was evidenced in 14% of the residential samples and moderate-high phytotoxicity in 76% of the commercial zone samples. **Conclusions:** A high prevalence of phytotoxicity was found in the commercial area of Mendoza city, associated with the elimination of uncontrolled liquid waste from its commercial activity and due to the anthropic effect of said activities.

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Introducción

El agua de riego del arbolado público de la ciudad de Mendoza puede verse comprometida fitosanitariamente por las acciones antrópicas directas (efluentes domiciliarios e industriales) e indirectos (contaminación ambiental). Como señala Domizio¹, la presencia de sustancias contaminantes de origen antrópico en las acequias puede afectar la sanidad de las especies arbóreas, disminuyendo su vigor, afectando el normal desarrollo vegetativo. Sumado a que, la escasa permeabilidad de las acequias y la presencia de elementos fitotóxicos en el sistema de riego, son dos aspectos negativos que impactan en el arbolado público.

El arbolado urbano cumple funciones ornamentales, paisajísticas y de aporte al equilibrio ecológico del ecosistema urbano, realizando funciones reguladoras de la temperatura ambiental, depuradoras de la calidad del aire, y de abrigo y protección para la avifauna y la flora, mejorando la calidad de vida de los habitantes de la ciudad². Los árboles regulan la escorrentía, al acumular parte del agua de lluvia y contribuyendo a evitar el colapso del sistema de drenaje pluvial³. La sombra de los árboles disminuye la temperatura ambiental al disminuir la radiación solar directa e incrementar la humedad relativa por efecto de la transpiración, la absorción de la radiación y el almacenamiento de calor⁴.

El arbolado público urbano de Mendoza puede verse amenazado, entre otros factores, por la emergencia hídrica que desde el año 2015 afecta la disponibilidad de agua para riego y por su baja calidad, pudiendo ésta, estar contaminada con aceites, gasolinas y metales pesados de los vehículos que circulan en las calles y por las diferentes actividades antrópicas que afectan el sistema radicular de los árboles y condicionan su normal desarrollo⁵.

El riego del arbolado urbano es uno de los usos del agua y está en estrecha relación con el ecosistema urbano. Tanto en las ciudades cuyo trazado es compacto, como también en las ciudades abiertas, la gestión del riego del arbolado público debe ser eficiente para asegurar la sostenibilidad de las especies arbóreas⁶. La ciudad de Mendoza responde al modelo de ciudad abierta⁷, donde la matriz forestal es acompañada por un sistema de irrigación conformado por acequias, que le dan a la ciudad el aspecto de un bosque urbano en las zonas residenciales del tejido municipal («ciudad oasis», según Bórmida, 1997).

La fitotoxicidad estaría asociada al efecto antrópico de la ciudad, como lo señalan Prieto *et al*⁸, por la acumulación de los contaminantes de la actividad humana en las acequias y observado principalmente en secciones de la ciudad donde se desarrollan actividades de industria liviana, comercio y transporte y en menor medida en las áreas residenciales de la ciudad.

El ensayo ecotoxicológico con semillas de *Lactuca sativa* permite evaluar cuantitativamente el crecimiento de la raíz⁹. La evaluación del efecto en la elongación de la radícula y del hipocótilo de las plántulas permite ponderar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación de la radícula o del hipocótilo, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto¹⁰. Este método mide exclusivamente la calidad fitotóxica del agua de riego, sin diferenciar la posible sustancia causal del efecto y no refleja el grado de afectación de los contaminantes a la germinación o fisiología del árbol adulto, ello se podría complementar con pruebas para determinar estrés arbóreo, caída de hojas prematura, envejecimiento y comparativo de germinación de especies, entre otras.

El objetivo de este trabajo de investigación fue diagnosticar la fitotoxicidad del agua de riego del arbolado público lineal que acompaña el trazado de calles y acequias que surcan la ciudad de Mendoza y confeccionar un mapa de riesgo de la calidad fitotóxica (semaforización) del agua de riego de la ciudad de Mendoza.

Materiales y Métodos

Estudio experimental

Se realizó un muestreo en la ciudad de Mendoza (Figura 3), consistente en la toma de muestras de agua de los canales de riego urbanos (acequias/canales) en las zonas donde existe mayor densidad arbórea de acuerdo al relevamiento del Mapa de la Sombra para la ciudad de Mendoza (Universidad, 2016). Las muestras se tomaron en el afluente de riego (Control: T1 y T2) y en 28 puntos (14 de la zona comercial y 14 de zona residencial). Las muestras puntualmente recolectadas fueron identificadas y caracterizadas según su procedencia de zona comercial o residencial, se procesaron las mismas por decuplicado en forma inmediata para cada ensayo de toxicidad aguda con semillas de *Lactuca sativa*¹¹. Las muestras se procesaron en paralelo con controles de fitotoxicidad negativos (agua mineralizada estéril) y positivos (solución de ZnSO₄ al 5%). Se realizó la técnica estática de incubado de muestras de 4,0 ml del agua muestreada, en estufa de cultivo a 20 ± 2 °C, en oscuridad y por un lapso de 120 horas de incubación. Al final del ensayo se midió el efecto de la inhibición del crecimiento de la radícula e hipocótilo de cada semilla sembrada en cada repetición. (Figura 1).

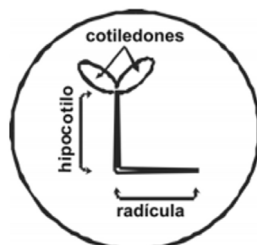


Figura 1. Esquema de germinación de *Lactuca sativa* (Sobrero, 2004).

Fue criterio de aceptabilidad de cada ensayo, una germinación superior al 90% en cada placa de Petri¹⁰.

Las mediciones del crecimiento de radículas e hipocótilos fueron promediadas para cada punto de muestreo (controles y muestras) y se compararon las medias utilizando un análisis de varianza de un factor, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los resultados se verificaron contra la columna control (afluente) por medio de una prueba de Dunnet¹². Los análisis se realizaron con el programa GraphPad Prism 5.0. Para mejorar la interpretación de los resultados las muestras, se clasificaron como controles (T1 y T2) y muestras provenientes de los sectores residenciales y comerciales de la ciudad de Mendoza.

Para elaborar el mapa de riesgo, se semaforizó cada punto de muestreo según el nivel de fitotoxicidad:

- alta: color rojo ($p < 0,001$),
- moderada: color naranja ($p < 0,01$).
- leve: color amarillo ($p < 0,05$) y
- no detectable: color verde ($p > 0,05$).

Resultados

Luego de la siembra y análisis de las muestras de agua de riego del arbolado público de la ciudad de Mendoza, se encontró que sobre un total de 300 pruebas de ecotoxicidad, correspondientes a 30 lugares de muestreo, se logró una reproductibilidad del ensayo del 96% de las mismas en comparación al testigo negativo (agua mineralizada estéril).

Del análisis del mismo se desprende que en las muestras N° 22 (Barrio San Martín) y N° 27 (Quinta Sección) se observó una diferencia significativa en la inhibición del crecimiento promedio de dichas muestras (ANOVA, $p < 0,001$ y $p < 0,05$). (Figuras 2 y 3).

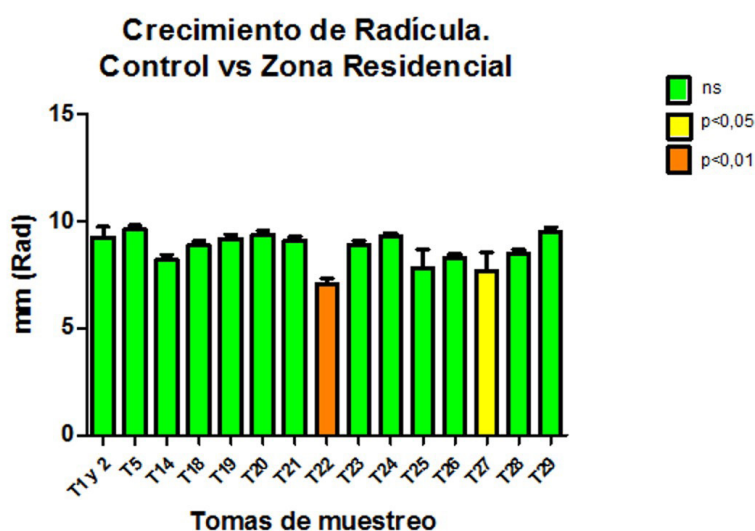


Figura 2. Crecimiento radicular en zona residencial (n:14).

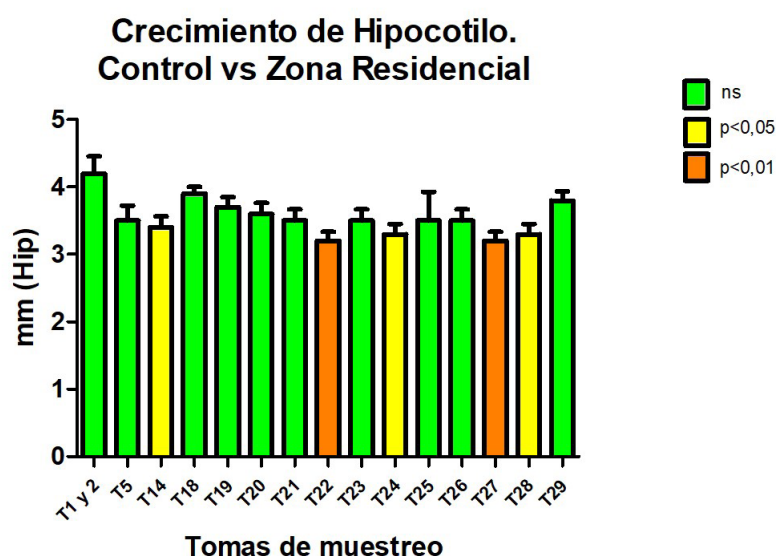


Figura 3. Crecimiento hipocotilar en zona residencial (n:14).

En los resultados provenientes de puntos de muestreo comerciales, se evidenciaron diferencias significativas en el 78% de las muestras de zonas comerciales (11) y se correspondieron a la muestra N° 3 (Tercera Sección), a las muestras N° 4, 6 y 7 (Segunda Sección), a las muestras N° 9, 10, 11 y 12 (Primera Sección), a las muestras N° 13, 15 y 17 (Cuarta Sección).

Los valores observados, según su diferencia significativa, se relacionan a niveles de toxicidad aguda de moderada a marcada, para el crecimiento de la radícula de *Lactuca sativa* (Ver Figuras 4 y 5).

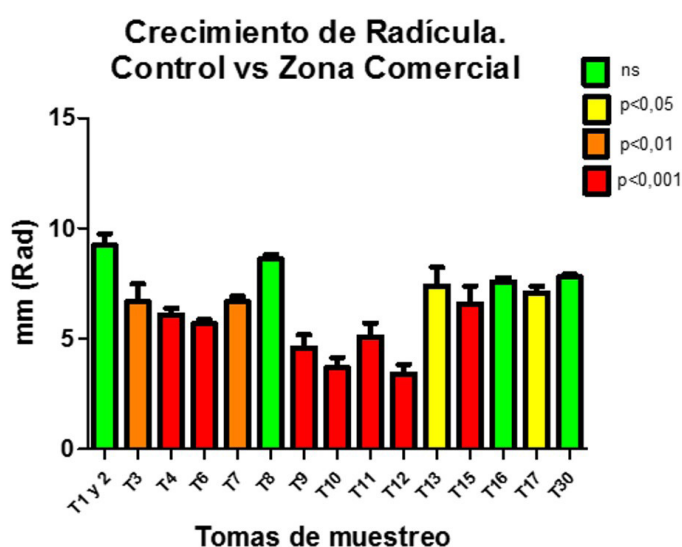


Figura 4. Crecimiento radicular en zona comercial (n:14).

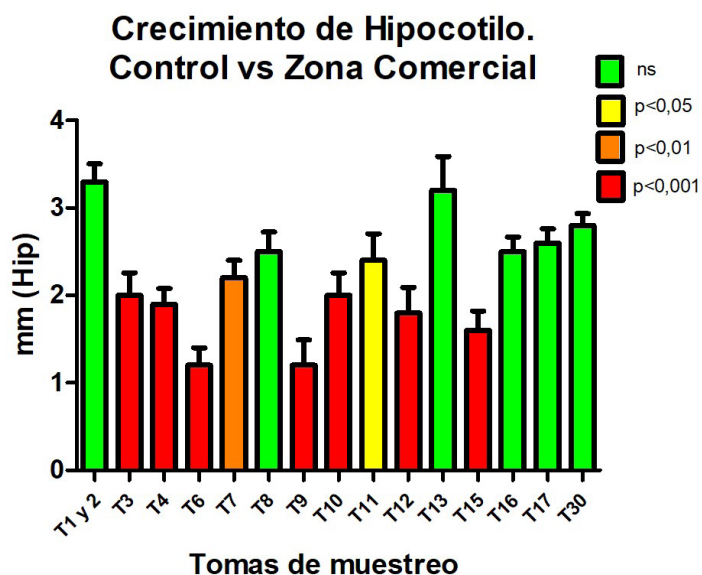


Figura 5. Crecimiento hipocotilar en zona comercial (n:14).

Con los resultados provenientes del muestreo inicial de esta investigación, se confeccionó un mapa de fitotoxicidad del agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza, semaforizando los puntos de muestreo con los colores asignados según la diferencia significativa al afluyente de riego (control) (Ver Figura 6).

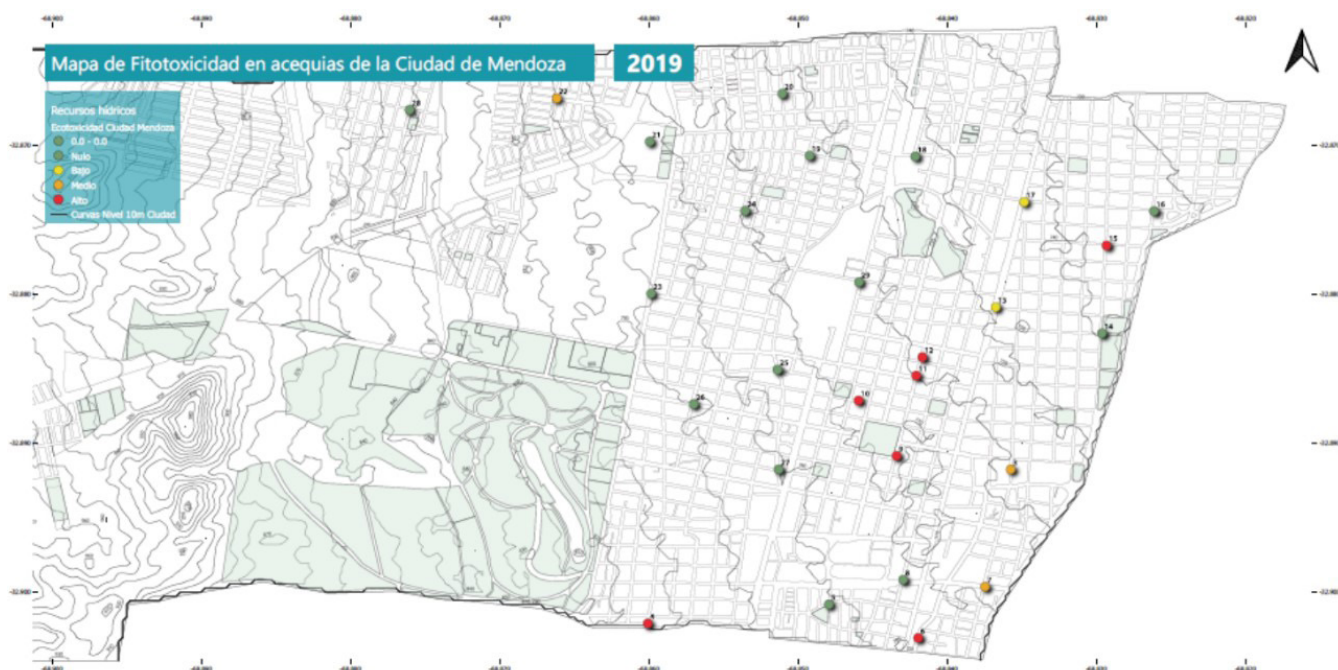


Figura 6. Mapa de fitotoxicidad (semaforización) en agua de riego de la ciudad de Mendoza (Elaboración propia).

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Discusión

En los resultados analizados se observó una relación directa de la presencia de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público con las actividades antrópicas más contaminantes, tales como las observadas en proximidades a estaciones de servicio, locales gastronómicos de comidas rápidas y en donde se concentra el paso de mayor cantidad de transeúntes, correspondiente al microcentro de la ciudad y correspondientes a los puntos de muestreo: T6, T9, T10, T11 y T12. Muchos de los contaminantes observados en el lecho de las acequias céntricas, pueden deberse a la falta de barreras que retengan a los mismos (rejas), por la ausencia de control de la calidad de los efluentes domiciliarios y del arrastre del lavado de veredas en locales comerciales y de pequeñas industrias. Estos efectos antropogénicos fueron descritos por autores de nuestro medio¹³ que señalaban el efecto de la acumulación de los residuos sólidos urbanos (RSU) constituyen focos de contaminación en áreas residenciales por su acumulación en las acequias, mientras que los correspondientes a las zonas comerciales a las actividades propias de los mismos.

La evidencia de contaminación antropogénica en las acequias del microcentro de la ciudad de Mendoza, incide directamente en los valores de fitotoxicidad, dichas actividades fueron observadas por Cantero Barroso¹⁴ y concluyendo que el riesgo asociado con el incumplimiento de los requerimientos establecidos en las normas cubanas para el uso y explotación de fuentes de captación de agua subterráneas de consumo. En el ámbito de la ciudad y provincia de Mendoza, existe legislación sobre los usos del agua destinada al riego urbano, pero no se contempla el análisis de la calidad fitotóxica de la misma.

Los ensayos de fitotoxicidad con *Lactuca sativa*, son totalmente adaptables al monitoreo de aguas de riego en arbolado público, siendo sus resultados reproducibles como en los ensayos sobre agua de riego agrícola en nuestro medio^{15, 16} y sobre canales de drenaje y desagües¹⁷.

Conclusiones

Con la presente investigación se pudo diagnosticar la presencia de un riesgo de fitotoxicidad de moderado a severo en zonas donde la actividad antrópica y la acumulación de contaminantes. El discontinuado caudal del agua de riego en la zona del microcentro mendocina, a causa de los turnos de riego asignados al municipio y la acumulación de residuos sólidos urbanos en las acequias, puede acentuar el fenómeno de concentración de los contaminantes¹⁸. Una adecuada gestión integral del residuo sólido urbano y de los efluentes provenientes de los domicilios comerciales, mediante la ejecución de obras que van desde la simple limpieza de los cauces de riego y hasta la retención de los mismos, disminuirán la carga contaminante en los mismos^{19, 13}.

Por lo expuesto, se podría incorporar el monitoreo fitotóxico de los puntos de muestreo, como un indicador de calidad ambiental de las especies arbóreas de la ciudad, a manera de generar un informe actualizado sobre dicha fitotoxicidad y adecuar el mapa de riesgo en tiempo real.

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Bibliografía

- 1 Domizio, M. C. Particularidades del arbolado y riego de la ciudad de Mendoza desde una mirada sistémica. *Area*. [Internet]. 2017. Nro 23. Disponible en: <https://area.fadu.uba.ar/area-23/domizio23/>
- 2 Alonso Gerla, M., & Morales Vignale, M. C. *Comparación de fórmulas de valoración monetaria en el arbolado urbano de Montevideo, Uruguay*. Tesis de Grado. Universidad de la República. Uruguay. 2017. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/18643/1/TTS_AlonsoGerlaMartina.pdf
- 3 Niño, J. y García, M. *Diseño y optimización del sistema de drenaje de las aguas pluviales de la urbanización El Chilcal* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. [Internet]. 2021. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4840>
- 4 Therán Nieto, K. R., Rodríguez Potes, L. M., Mounthon Celedon, S., & Manjarres De León, J. Microclima y Confort Térmico Urbano. *Módulo Arquitectura CUC*. [Internet]. 2019. DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.04
- 5 Bonells, J. La gestión moderna del arbolado urbano de las ciudades. Sevilla, España. [Internet]. 2003. Disponible en: <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/areas/area-de-urbanismo-y-medio-ambiente/aservicio-de-parques-y-jardines/e-articulos-tecnicos/.pdf>
- 6 Martínez, C., Ruiz, M., & Atencio, L. Proyecto integral de forestación y reforestación urbana para Mendoza. *Sustentabilidad ambiental del bosque urbano para ciudades de zonas áridas de Argentina-Etapa, 1*. [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.mendoza.gov.ar/unicipio/wp-content/uploads/sites/32/2018/06/Plan-de-Forestaci%C3%B3n-y-Reforestaci%C3%B3n-Urbana.pdf>
- 7 Gobierno de Mendoza. Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial Sistema Integrado de Información y Gestión para la Refuncionalización y Recuperación del Arbolado Urbano del Área Metropolitana Mendoza. Plan de Arbolado. [Internet]. 2018. Disponible en: <http://www.unicipio.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/32/2018/06/Plan-de-Arbolado-P%C3%BAblico-DAMI-II.pdf>
- 8 Prieto, M. D. R., Castrillejo, T., & Dussel, P. El proceso de contaminación hídrica en un oasis andino. La vida y la muerte por las acequias de Mendoza, Argentina, 1880-1980. *Signos históricos*. [Internet]. 2006. 8(16), 112-151. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-44202006000200112&script=sci_arttext
- 9 Pentreath, V., González, E., Barquín, M., Ríos, S. M., & Perales, S. Bioensayo de toxicidad aguda con plantas nativas para evaluar un derrame de petróleo. *Revista de salud ambiental*. [Internet]. 2015. 15(1), 13-20. Disponible en: <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/551>
- 10 Sobrero, M. C., & Ronco, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. *Imta*, [Internet]. 2004. 55-67. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap4.pdf>
- 11 Ronco, A., Rossini, G. B., Sobrero, C., Apartin, C., Castillo, G., Díaz-Baez, M. C., ... & Mendoza, J. The application of hazard assessment schemes using the watertox toxicity testing battery. In *Small-scale freshwater toxicity investigations* [Internet]. 2005. (pp. 233-255). Springer, Dordrecht. Disponible en: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/1-4020-3553-5_8.pdf
- 12 Pernía, B., Rojas-Tortolero, D., Sena, L., Sisto, A. D., Inojosa, Y., & Naranjo, L. Fitotoxicidad de HAP, crudos extra pesados y sus fracciones en *Lactuca sativa*: una interpretación integral utilizando un índice de toxicidad modificado. *Revista internacional de contaminación ambiental*. [Internet]. 2018. 34(1), 79-91. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992018000100079&script=sci_arttext
- 13 Morábito, J. A., Mirábito, C. M., Salatino, S. E., Mastrantonio, L., Barone, R. R., & Comellas, E. A. *Impacto de la contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU) en la distribución del agua de riego del Río Mendoza (Argentina)*. Centro Regional Andino-INA, Belgrano 210 Oeste, Universidad Nacional Cuyo. [Internet]. 2012. Disponible en: http://www.observatoriova.com/wp-content/uploads/2013/10/Morabito_RSU_Rio_Mza.pdf
- 14 Cantero Barroso, D. Del Puerto Rodríguez, A. M. Brown Vega, W. Suárez Tamayo, S Valdés González, A. C. Fitotoxicidad con lactuca sativa para evaluar calidad del agua subterránea. *Hig. Sanid. Ambient.* [Internet]. 2018. 21 (1): 1979-1984. Disponible en: [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc5b19018201fa6_Hig.Sanid_.Ambient.18.\(1\).1597-1603.\(2018\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc5b19018201fa6_Hig.Sanid_.Ambient.18.(1).1597-1603.(2018).pdf)
- 15 Martín, L., & Pozo, M. Bioensayo de germinación de *Lactuca sativa* y calidad de agua del área regadía del Río Mendoza. AUGM. Universidad Nacional de Cuyo. [Internet]. 2018. Disponible en https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12901/24-aguas-martin-leandro-uncuyo.pdf
- 16 Avellaneda, M. O., Bermejillo, A. I., & Mastrantonio, L. E. *Aguas de riego. Calidad y evaluación de su factibilidad de uso* (No. F06 UNC 18207 y CD 51). Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza (Argentina). Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Química Agrícola. [Internet]. 2004.
- 17 Morábito, J., Salatino, S., Medina, R., Zimmermann, M., Filippini, M., Bermejillo, A., Nacif, N., Campos, S., Dediol, C., Genovese, D., Pizzuolo, P. y Mastrantonio, L. Evaluación de la calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*. [Internet]. 2005. 37 (1), 1- 23. Disponible en: <https://www.ina.gob.ar/archivos/pdf/CRA-IIIFERTI/CRA-RYD-11-Mor%C3%A1bito%201.pdf>
- 18 Romero Guzmán, B. M. Impactos Ambientales Significativos Generados por las Acequias Cois, Pulen y Yortuque de la Ciudad de Chiclayo y Propuesta de un Plan de Mitigación. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. [Internet]. 2017. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1246/BC-TES-TMP-0079.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 19 Damiani, B. Giai, M. Avila M & Fernandez, M. Estudio de fitotoxicidad en el sistema hídrico metropolitano de Mendoza. Poster presentado en XI Jornadas de Investigación 2019 - Universidad Maza. ICU. 2019. Disponible en: http://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/2311/Damiani_P%C3%B3ster%20Estudio%20de%20fitotoxicidad%20en%20el_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 20 Cantón, M. A., de Rosa, C., Kasperidus, H. Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de la arboleda. *Revista Avances y Energías Renovables y Medio Ambiente*. [Internet]. 2003. Volumen 7, N° 1. pp. 01.29- 01.34. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80662>

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

- 21 **Castillo Morales, G. (ed.)** Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones / Gabriela Castillo (ed.). - México: IMTA. [Internet]. 2004. 189 pp. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/plugin-file.php/25000/mod_resource/content/1/toxicidad%20bioensayos%20idrc.pdf
- 22 **Sobrero, M.** Estudio de la fitotoxicidad de metales pesados y del herbicida glifosato en ambientes acuáticos. Bioensayos con plantas vasculares como organismos diagnósticos. Universidad Nacional de la Plata. [Internet]. 2010. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/5246>
- 23 **Unidiversidad.** El sistema de acequias y arboleda urbana como patrimonio cultural. Disponible en: <http://www.unidiversidad.com.ar/el-sistema-de-acequias-y-arboleda-urbana-como-patrimonio-cultural>