

Monitoreo de fitotoxicidad del agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza, Argentina (Período 2020-2021)

Phytotoxicity monitoring of irrigation water of linear public trees in the city of Mendoza, Argentina (Period 2020-2021)

Giai, M.  Damiani, M. E.; Graña, G.; Franco, E. D. 

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

DOI: <https://doi.org/10.59872/icu.v7i8.394>

Correo de correspondencia: mgiai@umaza.edu.ar

Recepción: 06/10/2022; Revisión: 08/11/2022; Aceptación: 05/05/2023

Palabras claves: Fitotoxicidad; Riego; Arbolado; Mendoza

Keywords: Phytotoxicity; Irrigation; Trees; Mendoza

Resumen

El objetivo de esta investigación fue diagnosticar la fitotoxicidad del agua de riego de la ciudad de Mendoza y en base a ello confeccionar un mapa de riesgo urbano. Se empleó una metodología experimental basada en ensayos de toxicidad aguda con semillas de *Lactuca sativa* de 30 muestras procedentes de los canales afluentes y del sistema de riego urbano (residenciales y comerciales). Los resultados más relevantes evidenciaron niveles de fitotoxicidad leve en el 14% de las muestras residenciales y fitotoxicidad moderada elevada en 76% de las muestras de zona comercial. 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. El advenimiento de la pandemia de COVID 19 y las medidas de aislamiento estricto y restricciones de actividades en la ciudad, llevo a una mejora de los valores de fitotoxicidad ensayados, fenómeno que se fue agravando en el año 2021 a medida que se liberaron actividades, hasta tener valores de contaminación similares a los pre-pandémicos. A partir de los resultados obtenidos de esta investigación permitieron establecer una línea de base de valores de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza. Se dejó en evidencia el origen antrópico de los efectos contaminantes, asociados al vertido de sustancias contaminantes de los efluentes domiciliarios y al fenómeno de contaminación ambiental indirecta del aire. El empleo de los test de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal, una técnica sencilla, versátil y económica.

Abstract

The objective of this research was to diagnose the phytotoxicity of irrigation water in the city of Mendoza and based on this, to prepare an urban risk map. An experimental methodology based on acute toxicity tests with *Lactuca sativa* seeds from 30 samples from tributary canals and the urban irrigation system (residential and commercial) was used. The most relevant results showed levels of mild phytotoxicity in 14% of the residential samples and high and moderate phytotoxicity in 76% of the samples from the commercial area. A high prevalence of phytotoxicity was found in the commercial area of the city of Mendoza, associated with the elimination of uncontrolled liquid waste from its commercial activity and due to the anthropic effect of said activities. The advent of the COVID 19 pandemic and the strict isolation values and restrictions on activities in the city, led to an improvement in the phytotoxicity indicators tested, phenomenon that worsened in 2021 as activities were released, until it had contamination values similar to pre-pandemic ones. From the results obtained from this investigation, it was possible to establish a baseline of phytotoxicity values in the irrigation water of linear public trees in the city of Mendoza. The anthropic origin of the polluting effects, associated with the discharge of substances, was revealed. pollutants from household effluents and the phenomenon of indirect environmental air pollution. The use of phytotoxicity tests in the irrigation water of linear public trees, a simple, versatile and economical technique.

Introducción

La ciudad de Mendoza es un oasis urbano caracterizado por una abundante población de especies arbóreas que la hacen única en la región, el riego del arbolado viario y de los espacios públicos se materializa a través del riego urbano de canales y acequias en su mayoría.

Los productos de desecho de la actividad humana en la ciudad (desagües, escapes, drenajes, efluentes, etc.) contaminan los sistemas de riego urbanos y condicionan el normal crecimiento de las especies arbóreas de la misma. La medición de los niveles de fitotoxicidad en las aguas de riego metropolitanas generará una línea de base de contaminación de las mismas. Este monitoreo real time, permite elaborar los mapas de riesgo de contaminación del recurso hídrico destinado al riego urbano.

En los resultados anteriores 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 (microcentro)¹. Los focos de contaminación en áreas residenciales se relacionarían con la acumulación de residuos sólidos urbanos en las acequias, mientras que los correspondientes a las zonas comerciales a las actividades propias de los mismos. Se pudo diagnosticar la presencia de un riesgo de fitotoxicidad de moderado a severo en zonas de arbolado, en donde la actividad antrópica y la acumulación de contaminantes, puede llegar a afectar la calidad de vida las especies arbóreas.

Los ensayos de fitotoxicidad con semillas de *Lactuca sativa*, siguen siendo una medida sencilla, económica y alta reproductibilidad² que permiten monitorear la calidad del agua de riego del arbolado en ciudades «oasis» como la de Mendoza, donde el recurso hídrico, muchas veces es escaso.

Se plantearon como objetivos de esta investigación, evaluar los niveles de fitotoxicidad en tiempo real del agua de riego del arbolado público de la ciudad de Mendoza, caracterizando dicho riesgo, sus posibles contaminantes y el efecto de la pandemia COVID-19.

Material y metodos

se realizó un estudio experimental, descriptivo, transversal.

Toma de muestra

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 la Sombra para la ciudad de Mendoza³. Se consideraron áreas comerciales o residenciales de acuerdo a la zonificación de áreas de la ciudad de Mendoza y sus indicadores urbanos¹⁵. Las muestras provenían de dos puntos de muestreos correspondientes al afluente de riego (control), catorce muestras de áreas residenciales y catorce de áreas comerciales. Dichas muestras se tomaron en el mes de abril de 2019 (considerado como registro histórico y línea de base) y posteriormente se repitieron en abril de 2020 (ASPO) y en abril de 2021 (DISPO). Se toma una muestra por sitio de muestreo y se procesa por decuplicado (siembra en placa). El sitio de muestreo es el nicho de la acequia (agua presente en el mismo al momento del muestreo).

Bioensayo de fitotoxicidad

Cada muestra puntualmente recolectada y debidamente identificada con la ubicación, se procesó en forma inmediata, en dicho bioensayo con semillas de *Lactuca sativa*⁴. Con la ayuda de una pinza, se colocaron cuidadosamente diez semillas, dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las raíces. Posteriormente se sellaron con parafilm las cápsulas para evitar la pérdida de humedad. Dado que las semillas de lechuga requieren oscuridad para que se produzca la germinación (semillas fotoblásticas negativas), las cajas de Petri deben cubrirse de la luz inmediatamente después de colocarlas en las cápsulas y durante el periodo de ensayo e incubadas durante 120 h (cinco días) a una temperatura de 22 ± 2 °C. Cada muestra se procesó por decuplicado, en paralelo se procesaron controles negativos (agua mineralizada estéril) y positivos para fitotoxicidad (solución acuosa de sulfato de zinc). Luego de la incubación, se midió el largo de radícula e hipocótilo de las plántulas en cada repetición y los porcentajes de inhibición de crecimiento.

Análisis estadístico

Se analizaron diferencias significativas en las muestras con inhibición mayor al 50%, en las que se midió la diferencia media de crecimiento negativo (inhibición de crecimiento) con respecto al afluente (control). Los datos se analizaron estadísticamente para determinar las diferencias significativas de fitotoxicidad (método ANOVA-Dunnet para comparación múltiple) con $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) y $p < 0,001$ (***)¹⁶.

Mapa de Fitotoxicidad

Con los resultados obtenidos y el geoposicionamiento de los puntos de muestreo se confeccionó un mapa de riesgo en tiempo real de los niveles de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal urbano, semaforizando dichos puntos de acuerdo a la ausencia o presencia de fitotoxicidad (leve a marcada) respecto al afluente (control)¹⁶ según su diferencia

significativa a éste último, con ello se identificaron las áreas más comprometidas y los posibles factores contaminantes de cada punto (relevamiento y observación directa en terreno) quedando registrada una línea de base de los niveles de fitotoxicidad en cada punto de muestreo y la factibilidad de monitoreo de los mismos. Los resultados obtenidos fueron semaforizados en los mapas de fitotoxicidad de la ciudad de Mendoza, de acuerdo a su grado de fitotoxicidad analizada, siendo de color rojo los correspondientes a mayor fitotoxicidad, color amarillo los moderadamente fitotóxicos y en color verde los de fitotoxicidad nula. Se evaluó el efecto antrópico de la contaminación y su relación directa con la pandemia COVID-19.

Resultados y discusión

en muestreo correspondiente al mes de abril de 2020, en el contexto de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO), dispuesto por Autoridades Nacionales y Provinciales en la pandemia de COVID-19, se lograron obtener muestras de agua de riego del arbolado público lineal de los lugares de muestreo correspondientes a la densidad de sombras correspondientes a la ciudad de Mendoza.

Se procesaron 30 (treinta) muestras de agua de riego tomadas del sistema de riego del arbolado público, 2 (dos) de las cuales corresponden al afluente primario de riego (Canal Jarillal) y el resto de las mismas correspondientes a las zonas comerciales y residenciales de la ciudad de Mendoza. Las muestras correspondientes del afluente de riego se asumieron como ausentes de contaminación antrópica y como valor de corte para el resto de las muestras provenientes de los canales de riego. Los resultados de los períodos 2019 a 2021 se muestran en la Tabla 1.

Nro	Lugar de Muestreo	2019	2020	2021
1	Canal el Jarillal (Control)			
2	Canal el Jarillal (Control)			
3	Calle Rioja	2,550	0,65	1,050
4	Paso de los Andes y Andrade	3,150	0,65 (**)	1,650 (**)
5	Isabel la Católica y Moyano	-0,3500	0,35	-0,1500
6	San Juan y Barraquero	3,550	0,65 (***)	2,450 (***)
7	Moron y Rioja	2,550	0,55 (***)	2,350 (***)
8	Peltier y 9 de Julio	0,6500	0,45	0,8500
9	Patricias Mendocinas casi Rivadavia	4,650	0,85 (***)	4,150 (***)
10	Calle Gutierrez	5,550	0,35 (***)	4,450 (***)
11	España casi Las Heras	4,150	0,05 (***)	4,950 (***)
12	Patricias Mendocinas casi General Paz	5,850	2,45 (**)	5,850 (***)
13	San Martin y Urquiza	1,850	0,05 (**)	0,6500
14	Ituzaingó y Corrientes	1,050	0,75	1,050
15	Ituzaingó y Maipú	2,650	0,65	1,650 (**)
16	Paraguay y Tucumán	1,650	0,25	1,150
17	San Martín y Tucumán	2,150	2,16	1,250
18	25 de Mayo y Videla Correa	0,3500	0,05	0,5500
19	Olascoaga y Aguado	0,05000	0,15 (**)	0,05000
20	Martínez de Rosas y Fader	-0,1500	0,25	0,8500
21	Los Alerces y Los Aromos	0,1500	0,35 (**)	0,1500
22	Cooperativa y Llorens	2,150	0,95	1,950 (***)
23	Boulogne Sur Mer y Roque Saenz Peña	0,3500	0,35	0,6500
24	Granaderos y Laprida	-0,05000	0,55	-0,05000
25	Leónidas Aguirre y Tiburcio Benegas	1,450	0,35	0,4500
26	Granaderos y Emilio Civit	0,9500	0,35 (*)	0,6500
27	Rufino Ortega y Tiburcio Benegas	1,550	0,65	0,2500
28	Dr Mazza y Metraux	0,7500	0,55	0,4500
29	Perú y Cnel Plaza	-0,2500	0,05	0,1500
30	Garibaldi y Federico Moreno	1,450	0,25 (*)	1,050

Los resultados preliminares (Año 2019) nos permitieron establecer una línea de base de la fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza y evidenciar las zonas de mayor riesgo sanitario a los sectores con actividad comercial en su gran mayoría (Figura 1).

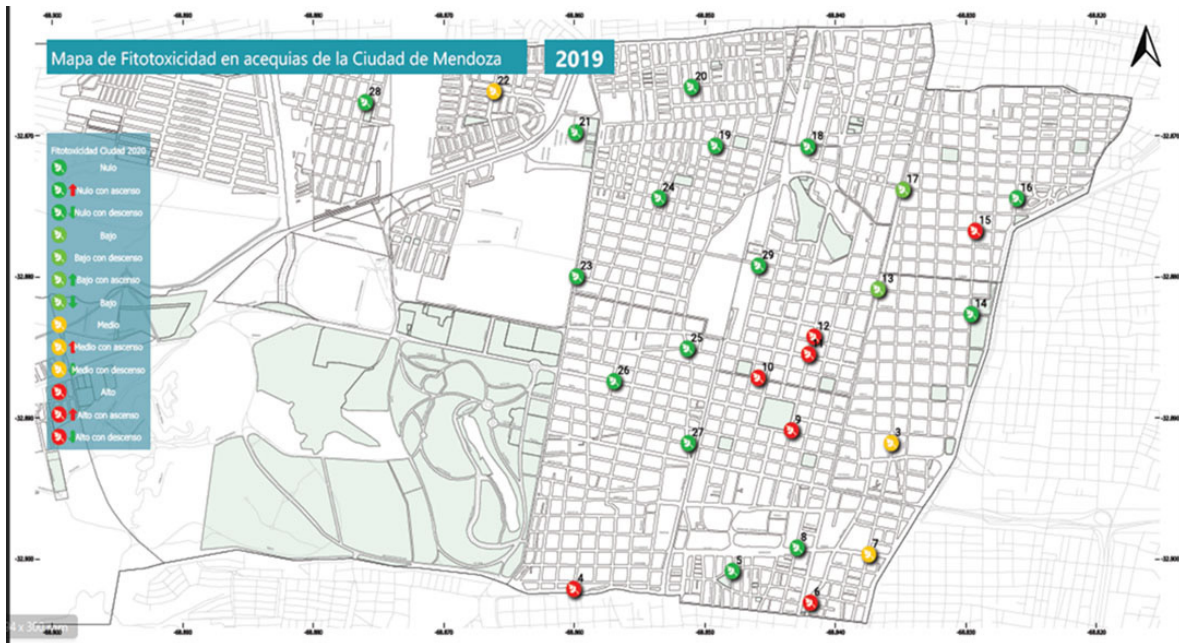


Figura 1. Mapa de fitotoxicidad en acequias de la Ciudad de Mendoza (2019)¹.

Las mediciones del período 2021, ya en etapa de distanciamiento social durante la pandemia (DISPO) mostraron una disminución significativa de los niveles de contaminación en los puntos de muestreo (Figura 2).

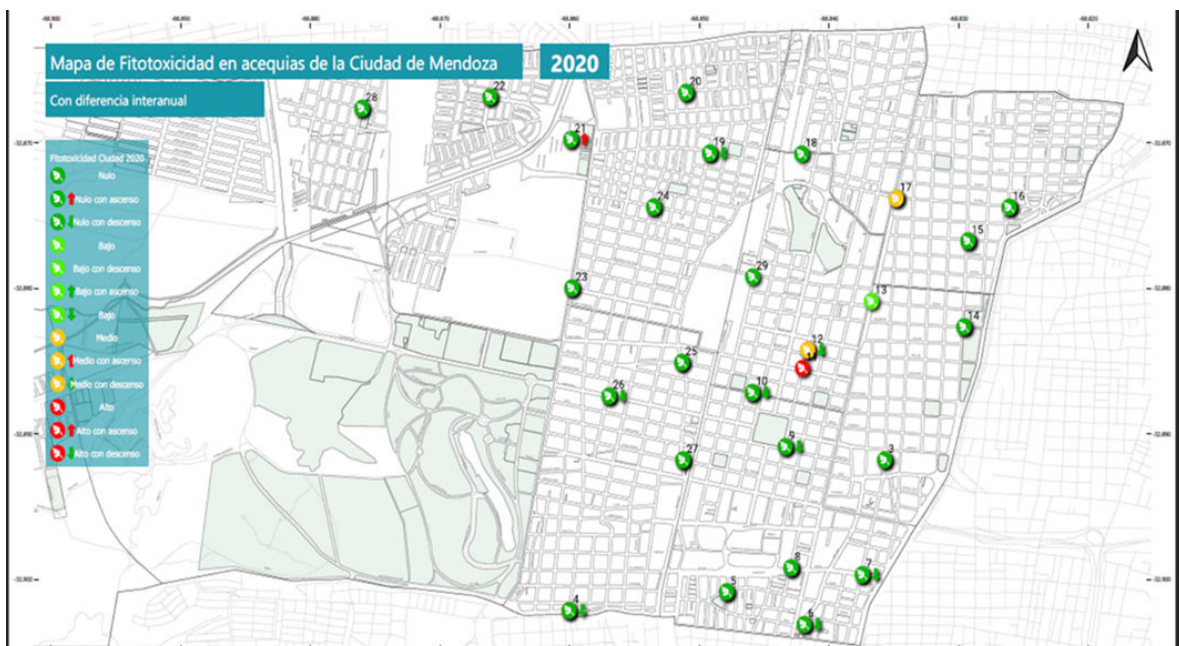


Figura 2. Mapa de fitotoxicidad en acequias de la Ciudad de Mendoza (2020) con variabilidad anual.

La variabilidad interanual de fitotoxicidad total observada fue significativa en los resultados del 2020 con respecto al año 2019 ($p < 0,001$) y del 2021 con respecto al 2020 ($p < 0,01$) (Figura 3).

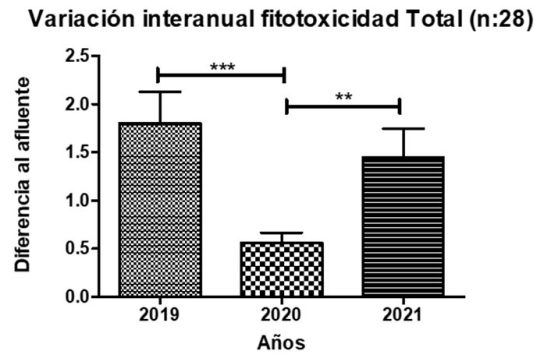


Figura 3. Variación interanual de la fitotoxicidad total. (ANOVA; $p < 0,01$ (**) y $p < 0,001$ (***)).

Analizado esta variación interanual, de acuerdo a la zonificación de muestreo, la diferencia fue más significativa en el área comercial ($p < 0,001$) que en la residencial. ($p > 0,05$). (Figuras 4 y 5).

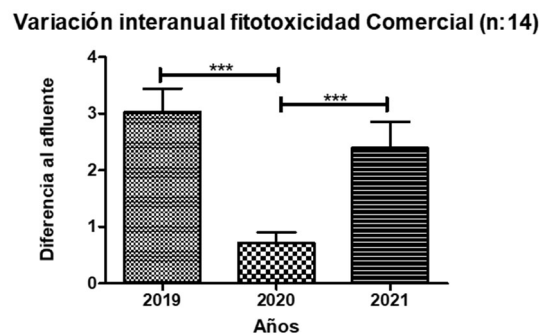


Figura 4. Variación interanual de ensayos de fitotoxicidad (Área Comercial). (ANOVA; $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) y $p < 0,001$ (***)).

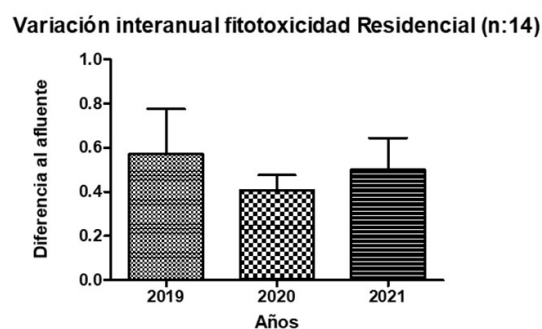


Figura 5. Variación interanual de ensayos de fitotoxicidad (Área Residencial). (ANOVA; $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) y $p < 0,001$ (***)).

Los resultados obtenidos de esta investigación permitieron establecer una línea de base de valores de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza. Dichos resultados iniciales describen un riesgo de fitotoxicidad moderado a marcado, en la zona que concentra la mayor actividad comercial en la ciudad (microcentro y zonas gastronómicas). Se dejó en evidencia el origen antrópico de los efectos contaminantes, asociados al vertido de sustancias contaminantes de los efluentes domiciliarios y al fenómeno de contaminación ambiental indirecta del aire (vehículos particulares y transporte público) que impacta en el ambiente urbano^{5,6}. El advenimiento de la pandemia de COVID-19 y las medidas de aislamiento estricto y restricciones de actividades en la ciudad, llevo a una mejora de los indicadores de fitotoxicidad ensayados, fenómeno que fue empeorando en el año 2021, a medida que se liberaron actividades, hasta tener valores de contaminación similares a los pre-pandémicos.

El test de fitotoxicidad, además de ser un indicador de la calidad del agua de riego agrícola⁷, se lo puede emplear para medir la calidad del agua de riego del arbolado público lineal, siendo una técnica sencilla, versátil y económica, que constituye una herramienta más al diagnóstico ambiental del ecosistema urbano⁸.

Discusión

En los resultados analizados en este período se observó una relación directa de la presencia de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público con las actividades antrópicas más contaminantes en el microcentro de la ciudad (zona comercial), dichos valores de fitotoxicidad, luego del periodo de pandemia, fueron similares a los encontrados en las primeras mediciones¹.

Estos efectos antropogénicos se deben al efecto de la acumulación de los residuos sólidos urbanos (RSU), los que 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 mismos¹⁰.

Existe en la legislación provincial y municipal, lineamientos sobre el uso del agua destinada a riego del arbolado, pero no regulación alguna que garantice la calidad del mencionado recurso. Por ello se trabaja desde lo institucional y académico, en fortalecer redes operativas de control de la calidad del agua destinada al riego urbano.

Conclusiones

Del análisis e interpretación de los resultados de fitotoxicidad, se pudo caracterizar las zonas de mayor riesgo de contaminación (área del microcentro y polos gastronómicos) y su estrecha relación con las actividades antrópicas, así también evidenciar la disminución significativa de los niveles de fitotoxicidad en puntos donde se concentran la mayor cantidad de actividades humanas, asociado ello a las restricciones impuestas durante el periodo de aislamiento (ASPO) en el contexto de la pandemia COVID-19.

Referido a la identificación de los posibles contaminantes antrópicos de las áreas más comprometidas, se identificaron actividades contaminantes a nivel de las descargas de efluentes domiciliarios al cauce de las acequias, quedando la determinación y cuantificación de contaminantes in situ para la continuación de esta investigación.

La determinación de fitotoxicidad en el agua de riego del arbolado público lineal ha sido incluida en la batería de test ambientales que monitorea el Área de Ambiente de la Municipalidad de Mendoza, permitiendo ello conformar una red de trabajo interinstitucional a través del Comité Municipal de Cambio Climático a fin de abordar integralmente la gestión de lo inherente a la vitalidad del arbolado público de la ciudad de Mendoza.

Bibliografía

1. **Giai, M., Graña, G., & Damiani, M. E. B. (2021).** 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. *Investigación, Ciencia Y Universidad*, 5(6), 43-50. Recuperado a partir de <http://revistas.umaza.edu.ar/index.php/icu/article/view/366>
2. **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.
3. **Unidiversidad. (2016).** 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>
4. **Sobrero, M.C. y Ronco, A. (2004).** Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). p: 71-79. En: Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas, G. Castillo, Ed., Ottawa, Canadá. [Internet]. 55-67. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap4.pdf>
5. **Puliafito, C. M., Puliafito, S. E., & Quero, J. L. (1997).** Contaminación del aire en Mendoza. *Revista de la Universidad de Mendoza*. Disponible en: <https://www.um.edu.ar/ojs2019/index.php/RUM/index>
6. **Cantón, M. A., de Rosa, C., Kasperidus, H. (2003).** Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de la arboleda. 2003. *Revista Avances y Energías Renovables y Medio Ambiente*. Volumen 7, N° 1. pp. 01.29- 01.34.
7. **Castillo Morales, G (ed.) (2004).** Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones / Gabriela Castillo (ed.). - México: IMTA, 2004. Canadá: IDRC, 2004. 189 pp.
8. **Giai, M. (2022).** Lineamientos de gestión integrada de recursos hídricos para el riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza. *Cuyonomics. Investigaciones En Economía Regional*, 6(9). Recuperado a partir de <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/cuyonomics/article/view/5921>
9. **Gobierno de Mendoza. Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial (2018).** Sistema Integrado de Información y Gestión para la Refuncionalización y Recuperación del Arbolado Urbano del Área Metropolitana Mendoza. Plan de Arbolado. Disponible en: <http://www.unicipio.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/32/2018/06/Plan-de-Arbolado-P%C3%BAblico-DAMI-II.pdf>
10. **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
11. **Salatino S et al. RÍO MENDOZA: 12 AÑOS DE REGISTROS DE CALIDAD DE AGUA. ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LA CONTAMINACIÓN.** Disponible en: https://www.ina.gob.ar/pdf/Cra_2_12años.pdf
12. **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/>
13. **Poder Ejecutivo Nacional (2020).** Decreto 260/2020. Emergencia Sanitaria. (ASPO). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-260-2020-335423/texto>
14. **Poder Ejecutivo Nacional (2021).** Decreto 125/2021. Distanciamiento social, preventivo y obligatorio y aislamiento social, preventivo y obligatorio (DISPO). Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/241290/20210228>
15. **Municipalidad de Mendoza (2022).** Ordenanza Municipal Nro. 3978/19. Zonificación de Uso de Suelo. Disponible en: <https://ckan.ciudaddemendoza.gov.ar/dataset/8910c281-e6e9-4db5-930d-7ba3f2fe5bed/archivo/536ea48d-163e-478b-a874-654ece1390eb>
16. **Giai, M. (2022).** Lineamientos de gestión integrada de recursos hídricos para el riego del arbolado público lineal de la ciudad de Mendoza. *Cuyonomics. Investigaciones En Economía Regional*, 6(9). Recuperado a partir de <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/cuyonomics/article/view/5921>