

Presencia de contaminantes emergentes (CE) en los distritos de riego del departamento de Córdoba, Colombia

Presence of emerging contaminants (EC) in irrigation districts of the department of Córdoba, Colombia.

Presença de contaminantes emergentes (CE) nos distritos de irrigação do departamento de Córdoba, Colômbia

Recibido: 24 de noviembre de 2020.

Aceptado: 02 de junio de 2021

Joel D. Aleán-Florez^{1*},Qco,  <https://orcid.org/0000-0002-5070-049X>**Daniela Sofía Márquez-Mendez^{2*}**,Qco,  <https://orcid.org/0000-0002-6420-5772>**Saudith M. Burgos-Nuñez^{3*}**,Qco, MSc,  <https://orcid.org/0000-0002-9287-3508>**German H. Enamorado-Montes^{4*}**,Qco, MSc,  <https://orcid.org/0000-0002-5718-3456>**José L. Marrugo-Negrete^{5*}**,Ing Qco, PhD,  <https://orcid.org/0000-0002-3181-7529>

¹ Químico Analista, Universidad de Córdoba.
Email: jaleanflorez@correo.unicordoba.edu.co

² Químico Analista, Universidad de Córdoba.
Email: danielamarquez@correo.unicordoba.edu.co

³ Docente investigador, Universidad de Córdoba.
Email: smburgos@correo.unicordoba.edu.co

⁴ Químico, Universidad de Córdoba,
Email: genamoramontes@correo.unicordoba.edu.co

⁵ Profesor titular departamento de química, Universidad de Córdoba. Email: jmarrugo@correo.unicordoba.edu.co

* Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental,
Departamento de Química, Facultad de ciencias Básicas,
Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.



Este artículo se encuentra bajo licencia:
Creative Commons Atribución-
NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional

Suplemento Orinoquia, Enero-Junio 2021;
25(1):57-63
ISSN electrónico: 2011-2629
ISSN impreso: 0121-3709
<https://doi.org/10.22579/20112629.686>

Resumen

En los últimos años la presencia de los contaminantes emergentes (CE) en el ambiente ha sido objeto de múltiples estudios, convirtiéndose así en un tema central de investigación. Los CE están formados por diferentes grupos de compuestos, entre los que se destacan los fármacos, disruptores endocrinos, plastificantes y hormonas. Estos, al entrar a los sistemas acuáticos son fácilmente transportados y distribuidos en las diferentes fuentes hídricas y debido a sus características se convierten en un gran problema ambiental, dado a que estos pueden acumularse en diferentes especies. El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia de ocho CE, ibuprofeno (IBF), gemfibrozilo (GEM), triclosan (TCS), carbamazepina (CBZ), cafeína (CAF), bisfenol A (BPA), etinilestradiol (EE2) y progesterona (PROG) en agua de los distritos de riego de la Doctrina y Mocarí, Córdoba – Colombia, los cuales irrigan distintos cultivos a lo largo de su recorrido. La detección y cuantificación de los CE se realizó por cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de arreglo de diodos y fluorescencia molecular (HPLC-DAD-FLD). El BPA se detectó en todas las muestras de agua analizadas con promedio de 0.036 µg/L, el TCS fue el compuesto que se encontró en mayor concentración con 97.27 µg/L, seguido de la PROG con 35.17 µg/L y la CBZ con 23.46 µg/L. La presencia de los CE detectados evidencia la presión antropogénica ejercida sobre estos distritos de riego, las concentraciones halladas pueden representar un riesgo ambiental a futuro y comprometer las actividades agrícolas de la región dada la capacidad de estos compuestos de acumularse en los cultivos.

Palabras claves: Contaminantes emergentes, canales de riego, disruptores endocrinos, fármacos.

Abstract

In recent years, the presence of emerging contaminants (ECs) in the environment has been the subject of multiple studies, thus becoming a central research topic. ECs are made up of different groups of compounds, including drugs, endocrine disruptors, plasticizers and hormones. When they enter aquatic systems, they are easily

Como Citar (Norma Vancouver):

Aleán-Florez JD, Márquez-Mendez DA, Burgos-Nuñez SM, Enamorado-Montes GH, Marrugo-Negrete JL. Presencia de contaminantes emergentes (CE) en los distritos de riego del departamento de Córdoba, Colombia. Orinoquia, 2021;(SUPLEMENTO 1): 57-63. <https://doi.org/10.22579/20112629.686>

transported and distributed in the different water sources and, due to their characteristics, they become a major environmental problem, since they can accumulate in different species. The objective of this study was to evaluate the presence of eight ECs, ibuprofen (IBF), gemfibrozil (GEM), triclosan (TCS), carbamazepine (CBZ), caffeine (CAF), bisphenol A (BPA), ethinylestradiol (EE2) and progesterone (PROG) in water from the Doctrina and Mocarí irrigation districts, Córdoba - Colombia, which irrigate different crops along their course. The detection and quantification of ECs was carried out by high-performance liquid chromatography with diode array detector and molecular fluorescence (HPLC-DAD-FLD). BPA was detected in all the water samples analyzed with an average of 0.036 µg/L, TCS was the compound found in highest concentration with 97.27 µg/L, followed by PROG with 35.17 µg/L and CBZ with 23.46 µg/L. The presence of the ECs detected is evidence of the anthropogenic pressure exerted on these irrigation districts; the concentrations found could represent an environmental risk in the future and compromise agricultural activities in the region given the capacity of these compounds to accumulate in the crops.

Key words: Emerging contaminants, irrigation canals, endocrine disruptors, pharmaceuticals.

Resumo

Nos últimos anos, as presenças de contaminantes emergentes (CE) no ambiente tem sido objeto de diversos estudos, tornando-se assim um tema central de pesquisa. Os CE estão formados por diferentes grupos de compostos, dentre de eles os fármacos, desreguladores endócrinos, plastificantes e hormônios. Ao entrar nos sistemas aquáticos, os CE são facilmente transportados e distribuídos nas diferentes fontes hídricas, e devido às suas características tornam-se um grande problema ambiental, pelo fato de se acumular em diferentes espécies. O objetivo deste estudo, foi avaliar a presença de oito E, ibuprofeno (IBF), gemfibrozil (GEM), triclosan (TCS), carbamazepina (CBZ), cafeína (CAF), bisfenol A (BPA), etinilestradiol (EE2) e progesterona (PROG) nas águas dos distritos de irrigação de La Doctrina e Mocarí, Córdoba - Colômbia, os quais irrigam diferentes cultivos ao longo de seu percurso. A detecção e quantificação dos CEs foi realizada usando Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detetor de Arranjo de Diodos e Fluorescência Molecular (HPLC-DAD-FLD). O BPA foi detectado em todas as amostras de água analisadas com uma média de 0,036 µg/L, o TCS foi o composto encontrado na maior concentração com 97,27 µg/L, seguido do PROG com 35,17 µg/L e CBZ com 23,46 µg/L. A presença dos CE detectados mostra a pressão antrópica exercida sobre esses distritos de irrigação, as concentrações encontradas podem representar um risco ambiental futuro e comprometer as atividades agrícolas da região, dada a capacidade destes compostos de se acumularem nas plantações.

Palavras-chave: Contaminantes emergentes, canais de irrigação, desreguladores endócrinos, fármacos.

Introducción

El término contaminantes emergentes (CE) hace referencia a una serie de químicos sintéticos o naturales que no son frecuentemente monitoreados, pero que tienen el potencial de estar presentes en diferentes compartimientos ambientales y causar efectos ecológicos adversos y efectos en la salud humana (Geissen *et al.*, 2015). Los CE están constituidos por diferentes clases de compuestos como productos de cuidado e higiene personal, antibióticos, hormonas, plastificantes, fármacos, disruptores endocrinos, compuestos perfluorados, microplásticos entre otros que poseen diversos grupos químicos y estructuras complejas que les confieren características que son las responsables de su persistencia, movilidad en el ambiente, bioacumulación entre otras (Darbre y Harvey, 2015). La entrada de estos contaminantes al ecosistema acuático se da principalmente por la descarga de aguas residuales domésticas, y en menor proporción por la descarga de aguas residuales industriales; por su parte, se ha demostrado una baja remoción por parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que no poseen la tecnología adecuada para la eliminación de esta clase de contaminantes (Mezzelani *et al.*, 2018). La presencia y distribución cada vez más

frecuente de los CE en los diferentes ecosistemas acuáticos pone en riesgo el desarrollo de la vida acuática (Xin, Huang, y Zhang, 2020), compromete algunas actividades relacionadas con el uso del agua, como el caso de los sistemas de riego que emplean agua captada de fuentes como lagos, ríos, caños que tienen como destino final los cultivos agrícolas (Pico *et al.*, 2019). La calidad del agua de riego es esencial para la producción exitosa de cultivos, los parámetros empleados para monitorear la calidad de esta, por lo general se basa en análisis fisicoquímicos (Fedearroz, 2008), sin tener en cuenta la presencia de contaminantes orgánicos. En algunos lugares, los sistemas de riego utilizan agua residual como fuente de riego o una mezcla de esta con agua superficiales, lo que puede potenciar la entrada de los CE a la cadena alimenticia (Pedrero *et al.*, 2010) debido al contacto directo con esta clase de compuestos lo cuales pueden ser fácilmente trasladados hacia la parte comestibles de la planta (Wu *et al.*, 2013). Estudios realizados en Colombia, detectaron la presencia de CE en agua superficial en ciudades como Cali y Bogotá (Bedoya-Ríos *et al.*, 2018, Madera-Parra *et al.*, 2018); un estudio reciente reporta la presencia de naproxeno, ibuprofeno, gemfibrozilo, cafeína y triclosán en muestras de agua

de consumo humano, residual y superficial colectadas en el departamento de Córdoba (Aleán *et al.*, 2021) pero hasta donde sabemos a la fecha no se encuentra reportado ningún estudio sobre la presencia de estos contaminantes en agua destinada al riego de cultivos en esta zona del país. La región del departamento de Córdoba (Colombia), se caracteriza por su vocación agrícola y cuenta con dos distritos de riego como lo son el distrito de riego Mocarí (DRM) ubicado en el municipio de Montería y distrito de riego la Doctrina (DRD) en el municipio de Lórica, ambos irrigan cientos de hectáreas de cultivos cada año, entre los que destacan el cultivo de arroz, maíz, palma de aceite, algodón y hortalizas. En este estudio se evaluó la presencia de cuatro compuestos farmacéuticos: IBF, CBZ, CAF y GEM, un disruptor endocrino: BPA; dos hormonas: PROG y EE2 y un producto de cuidado personal: TCS, en muestras de agua de los distritos de riego Mocarí y la Doctrina en el departamento Córdoba - Colombia, estos compuestos fueron seleccionados debido a que son representativos de los diferentes grupos que

forman los CE y por qué son detectados y reportados de manera frecuente en muestras de agua superficial.

Materiales y Metodos

Colecta de las muestras. La toma de muestras se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en el Standard Methods (American Public Health Association, 2017). En el distrito de riego la Doctrina (DRD) se tomaron 7 puntos de muestreo (P1 hasta P7 como se observa en el a figura 1) y en el distrito de riego Mocarí (DRM) seis puntos (P1 hasta P6, ver figura 2), el muestreo fue puntual; cada punto muestreado fue georreferenciado mediante GPS, la toma de muestras se llevó a cabo entre el mes de agosto y octubre del año 2019, la colecta se realizó en botellas de vidrio ámbar de 1L y se taparon con sello de papel aluminio, estas fueron transportadas en cadena de frío (4°C) hasta las instalaciones del Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental de la Universidad de Córdoba, donde se refrigeraron a 4 °C hasta su procesamiento

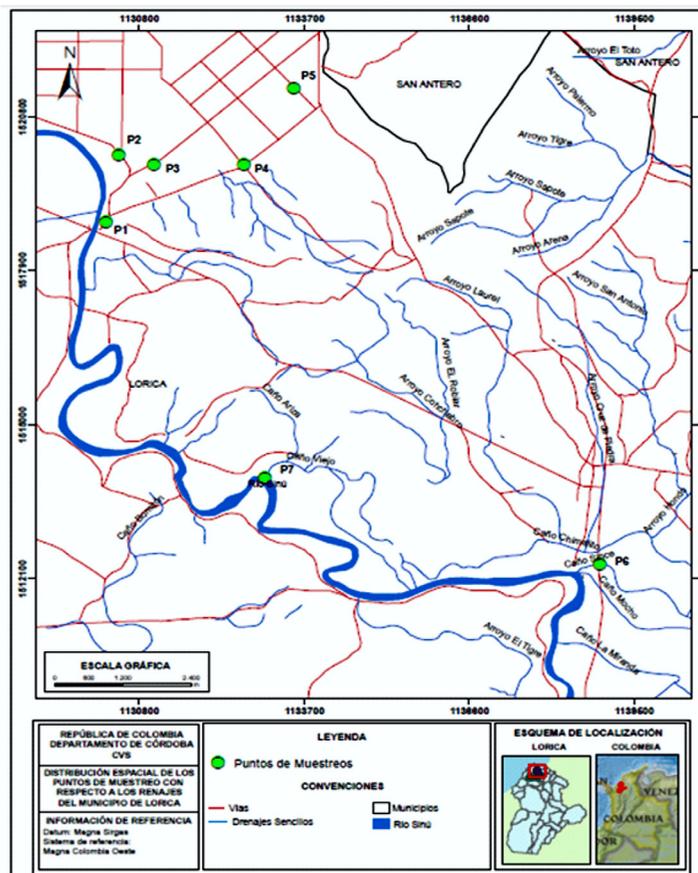


Figura 1. Ubicación geográfica de los puntos de colecta de muestra en el DRD.

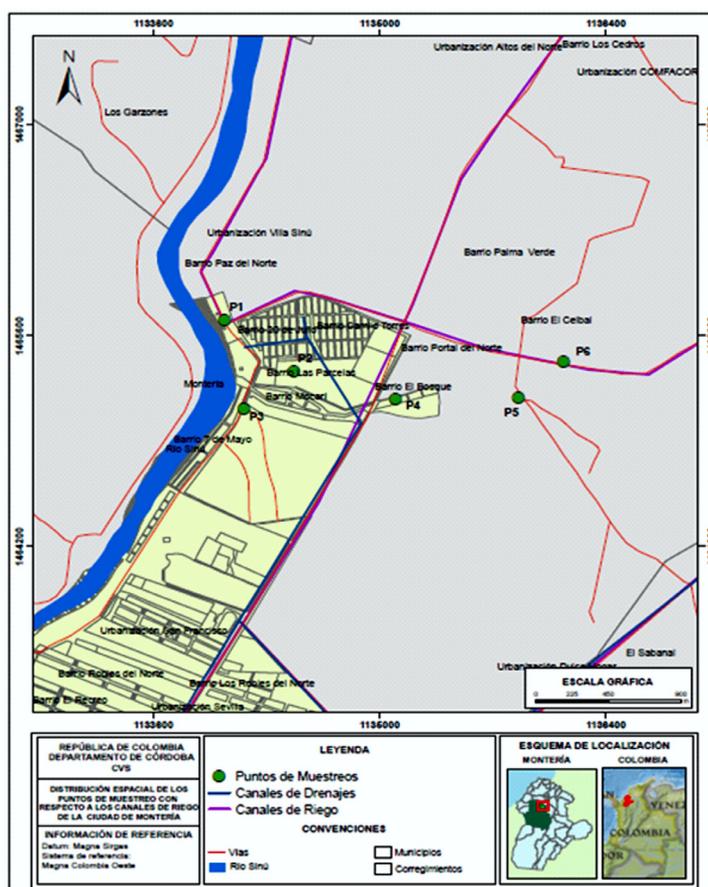


Figura 2. Ubicación geográfica de los puntos de colecta de muestra en el DRM

y posterior análisis por cromatografía líquida de alta resolución con detección de arreglo de diodos y fluorescencia (HPLC-DAD-FLD).

Materiales y reactivos. Los estándares analíticos de gemfibrozilo (GEM), ibuprofeno (IBF), triclosan (TCS), carbamazepina (CBZ), cafeína (CAF), bisfenol A (BPA), etinilestradiol (EE2) y progesterona (PROG) fueron obtenidos de Restek con una pureza del 99% (USA); los solventes acetonitrilo, metanol y acetato de etilo grado cromatográfico de Merck (Germany). Se emplearon cartuchos de octadecilsilano (C18) de 500 mg de relleno y volumen de 6 mL de Agilet (USA), agua tipo I (0.056 $\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenida con un desionizador (Barnstead Easypure II) de Thermo Scientific (USA), la extracción en fase sólida (SPE) se realizó en un recolector con puerto de vacío de Restek (USA).

Análisis de muestras de agua. La metodología de extracción empleada fue validada en el Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental, fue basada en la de-

sarrollada por Santos *et al.*, (2005) con modificaciones; se tomaron 500 mL de muestra, se filtraron con filtros de cuarzo de 0.45 μm y se realizó la extracción en fase sólida con cartuchos C18, previamente acondicionados con una mezcla 50:50 de diclorometano:metanol, metanol y agua, posteriormente la muestra fue pasada por el cartucho a un flujo constante entre 1 y 2 mL/min, el cartucho se secó con una bomba de vacío por 1 minuto y se eluyó con 4 mL de la mezcla 50:50 de diclorometano:metanol y 4 mL de acetonitrilo, este se secó en corriente de nitrógeno y se reconstituyó en 1 mL y se analizó por HPLC.

Condiciones cromatográficas. Se usó un cromatógrafo líquido HPLC Dionex Ultimate 3000 de Thermo Scientific (USA), equipado con una bomba cuaternaria LPP3400SD, un automuestreador WPS 3000 Splitloop, compartimiento de la columna termostatazido TCC-3000, detector de arreglo de diodos (DAD) y de fluorescencia (FLD). Para el análisis de los CE se empleó

una columna C₁₆ de 150mm de longitud, 4.6 mm ID y 5 µm de tamaño de partícula marca Restek (USA), el análisis se llevó a cabo en fase reversa en elución isocrática y proporción de solvente 60% de acetonitrilo y 40% agua a un flujo de 0.5 mL/min; BPA, IBF y EE2 fueron detectados por FLD y los demás por DAD (Santos *et al.*, 2005). Se empleó el software Chromeleon 7.0 (Thermo Scientific, 2013) para el manejo de datos.

Control de calidad analítico. Para cada uno de los compuestos en estudio, se trazaron rectas de calibrado, obteniéndose coeficientes de determinación (r^2) mayor a 0.996, el porcentaje de recuperación para muestras fortificadas (50 y 100 µg/L) aplicando la metodología analítica a las muestras de agua estuvo en el rango de 84 al 110 y desviación estándar relativa menor del 8%. Los límites de cuantificación de los compuestos en estudio estuvieron entre 0.002 y 0.010 µg/L.

Cuando las muestras fueron analizadas en el cromatógrafo líquido, se inyectaron dos estándares analíticos de los compuestos en estudio a una concentración de 20 y 50 µg/L para comparar los tiempos de retención de estos respecto a los obtenidos en las muestras analizadas, adicionalmente se realizó una inyección del solvente en el que se reconstituyeron las muestras, cada 10 muestras se inyectó un duplicado de las muestras extraídas seleccionado al azar y se corrió un blanco cuando se estaban extrayendo las muestras. Las posibles interferencias que se pueden presentar en el análisis, pueden ser debido a la matriz lo que se pudo descartar con la extracción de las muestras fortificadas donde se evidenció que no se presentó efecto matriz ya que se mantuvieron los tiempos de retención de cada uno de los compuestos analizados.

Análisis estadístico. A los resultados obtenidos se les aplicó estadística descriptiva, dentro de estos el cálculo de las frecuencias de detección con las concentraciones halladas empleando el software Statgraphics Centurion XVII-X64 versión 18.1.13.

Resultados

Del grupo de los 8 CE estudiados, el TSC fue el compuesto que se encontró en mayor concentración con 97.27 µg/L ubicado en el DRM (ver tabla 1), este compuesto está presente en numerosos productos de cuidado personal. En cuanto al grupo de los fármacos la CBZ presentó mayor concentración con 23.46 µg/L; de las hormonas la PROG fue detectada con un máximo de 35.17 µg/L, ambos en el DRM. El BPA presentó

una frecuencia de detección del 100% con concentraciones entre 0.080 y 0.142 µg/L. En el DRM no se detectó la presencia de IBF ni EE2, este último fue detectado en una sola estación de muestreo. Después del BPA, la CAF y el TCS fueron los compuestos que más se detectaron con una frecuencia de detección del 57.14%, siendo el DRM donde se encontraron con mayor frecuencia.

Discusión

Los niveles de CBZ detectados en las muestras de agua, estuvieron en el rango de concentraciones obtenidas en un estudio sobre CE en el ciclo del agua del río Bogotá cuyo rango de valor reportado fue de 0.68–31.45 µg/L (Bedoya *et al.*, 2018). La presencia de TCS se puede atribuir a que este es un antimicrobiano ampliamente utilizado en una variedad de productos para el hogar (US EPA, 2018) y que recientemente se prohibió la venta de productos antibacterianos que lo contengan, pues podría generar riesgos como resistencia bacteriana o efectos hormonales en los seres vivos (FDA, 2017). Después del TCS la PROG fue el compuesto de mayor concentración, esta es una hormona femenina presente principalmente en el ciclo menstrual (Buitrón *et al.*, 2017), la cual junto con otros contaminantes puede ingresar a los cuerpos de agua debido a las descargas de agua residuales (Petrovic *et al.*, 2016), tanto el TCS, como la PROG y CBZ presentaron los niveles más altos en el DRM ubicado en la ciudad de Montería donde la expansión urbana ha tenido crecimiento destacado en los últimos 10 años, por inspección del equipo de investigación del presente estudio durante las campañas de muestreo, se pudo verificar que estos canales están siendo utilizados como canales de aguas lluvias y algunos presentan descargas directas de aguas residuales domésticas afectando la función de riego o drenaje (ADR, 2016). El BPA fue detectado en todas las muestras analizadas, a pesar que fueron concentraciones bajas podría constituir un riesgo a futuro para la población que emplea el agua de estos distritos de riego destinado principalmente para la agricultura, pues este es un disruptor endocrino y está asociado a muchas enfermedades (Hengstler *et al.*, 2011); el BPA está presente principalmente en botellas plásticas y en los papeles de los tiquetes de compras que por lo general son arrojados a la basura y debido a la mala disposición suelen terminar en las corrientes o canales por donde circula el agua de riego; en varios tramos de los dos distritos de riego se pudo apreciar la presencia de muchos residuos sólidos principalmente plásticos, como también de pequeños vertimientos de agua residual de poblaciones que habitan a sus alrede-

Tabla 1. Concentraciones ($\mu\text{g/L}$) de los CE estudiados en las muestras de agua

Sitio de muestreo	IBF	GEM	TCS	CAF	CBZ	BPA	EE2	PROG
%FD	21.42	28.57	57.14	57.14	21.42	100.0	7.142	30.76
DRD1	ND	0.56	ND	ND	ND	0.017	ND	ND
DRD2	ND	ND	ND	0.01	ND	0.142	0.025	ND
DRD3	ND	ND	0.960	0.01	1.183	0.094	ND	ND
DRD4	ND	ND	ND	ND	ND	0.030	ND	ND
DRD5	0.104	ND	ND	ND	ND	0.021	ND	ND
DRD6	0.186	0.160	0.025	0.098	ND	0.051	ND	ND
DRD7	0.037	ND	0.095	ND	ND	0.017	ND	ND
DRM1	ND	0.012	ND	0.011	ND	0.008	ND	0.013
DRM2	ND	ND	0.0291	ND	ND	0.013	ND	ND
DRM3	ND	0.019	0.014	0.020	ND	0.011	ND	0.014
DRM4	ND	ND	97.27	0.328	23.46	0.119	ND	ND
DRM5	ND	ND	0.093	0.209	ND	0.038	ND	35.17
DRM6	ND	ND	0.043	0.111	0.033	0.014	ND	0.065
LCM	0.02	0.01	0.01	0.01	0.004	0.002	0.01	0.01

LCM: límites de cuantificación del método en $\mu\text{g/L}$; ND: no detectado, FD: frecuencia de detección

dores, estos dos distritos de riego están asociados a la cuenca del río Sinú, el cual a lo largo de su cauce recibe agua de nueve municipios del departamento de Córdoba, algunos de los cuales no cuentan con sistemas de tratamientos de agua residuales (Viloria de la Hoz, 2004) y que en estudios realizados por Navarro *et al.*, (2019) se evidenció la presencia de ibuprofeno, genfibrozilo, tramadol y triclosan. Los estudios realizados en Colombia sobre los efectos del agua de riego en los cultivos han sido abordados desde el punto de vista sanitario y no desde la presencia de contaminantes orgánicos como los emergentes, Campos *et al.*, (2015) evaluaron el riesgo de contaminación fecal bacterianas, virales y parasitarias asociado en cultivos de lechuga regados con agua residual sin tratar, encontrándose que en el caso de los microorganismos las concentraciones de estos superan en algunos casos las propuestas por la normativa. El DRD se encuentra entre los municipios de Lorica y San Bernardo, donde se puede evidenciar sectores que no cuentan con cobertura de alcantarillado, lo que conlleva a vertimientos directos de aguas residuales domésticas hacia fuentes superficiales, acarreando problemas de contaminación; en estudios realizados por

Marrugo y Castellón (2018), en este distrito, se detectaron concentraciones de los plaguicidas cipermetrina y endrín los cuales estuvieron por encima de la norma Colombiana (Bonansea y Wunderlin 2013) para agua potable, pero hasta la fecha no hay ningún reporte sobre estudios de esta clase de contaminantes en este distrito de riego. Se evidenció la presencia de CE en los distritos de riego estudiados, lo cual manifiesta el impacto antropogénico, resaltando las altas concentraciones detectadas de CBZ, PROG y TCS. Los CE reportados en este estudio pueden trazarse como base para estudios futuros. Estos CE al estar en contacto con los cultivos podrían ser acumulados en la parte comestible, lo que facilitaría su entrada a la cadena alimenticia, convirtiéndose en un problema que podría comprometer la salud del consumidor final.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba, Colombia.

Referencias

- ADR - Agencia de Desarrollo Rural. 2017. Informe de Gestión año 2016.
- Aleán-Flórez JD, Márquez-Méndez DS, Burgos-Núñez SM, Enamorado-Montes G, Marrugo-Negrete JL. Productos farmacéuticos y de cuidado personal presentes en aguas superficiales, de consumo humano y residuales en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*. 2021;12(2): 179-197. <https://doi.org/10.22490/21456453.4231>
- American Public Health Association, the American Water Works Association. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23th Ed. American Public Health Association, American Water Works Association. Water Environment Federation, Washington, DC.
- Bonanse RI, Amé MV, Wunderlin DA. Determination of priority pesticides in water samples combining SPE and SPME coupled to GC-MS. A case study: Suquia River basin (Argentina). *Chemosphere*. 2013;90(6):1860-1869.
- Bedoya-Ríos F, Lara-Borrero JA, Duque-Pardo V, Madera-Parra CA, Jimenez EM, Toro AF. Study of the occurrence and ecosystem danger of selected endocrine disruptors in the urban water cycle of the city of Bogotá, Colombia. *Journal of Environmental Science and Health*. 2018; Part A 53(4):317-325.
- Buitrón-García FR, Bailón-Uriza R, Santoyo-Haro S, Díaz-Sánchez V. Evidencias en indicaciones de la progesterona. *Ginecología y obstetricia de México*. 2018; 85(08):489-497.
- Campos-Pinilla C, Contreras AM, & Leiva FR. Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el centro agropecuario marenco (cundinamarca, colombia). *Biosalud*. 2015;14(1):69-78.
- Darbre PD, Harvey W. 2015. Regulatory considerations for dermal application of endocrine disrupters in personal care products. Boston: Academic Press. Chapter 19
- FEDEARROZ - Federación Nacional de Arroceros. 2008. Guía para el crecimiento agronómico en Córdoba, Colombia.
- FDA - Food and Drug Administration. 2017. Safety and Effectiveness of Consumer Antiseptics; Topical Antimicrobial Drug Products for Over-the-Counter Human Use.
- Navarro FAE, Inzunza ZCL. 2018. Tópicos sobre contaminantes y contaminación del agua.
- Geissen V, Mol H, Klumpp E, Umlauf G, Nadal M, van der Ploeg M, Ritsema CJ. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015;3(1):57-65.
- Glassmeyer ST, Kolpin DW, Furlong ET, Focazio MJ. 2007. Environmental Presence and Persistence of Pharmaceuticals. Fate of Pharmaceuticals in the Environment and in Water Treatment Systems.
- Hengstler JG, Foth H, Gebel T, Kramer PJ, Lilienblum W, Schweinfurth H, Gundert-Remy U. Critical evaluation of key evidence on the human health hazards of exposure to bisphenol A. *Critical reviews in toxicology*. 2011;41(4):263-291.
- Mezzelani M, Gorbi S, Regoli F. Pharmaceuticals in the aquatic environments: evidence of emerged threat and future challenges for marine organisms. *Marine environmental research*. 2018;140:41-60.
- Marrugo JL, Sanchez CJG. Plaguicidas en canales de riego del distrito de La Doctrina (Córdoba-Colombia). *Temas agrarios*. 2018;23(1):29-36.
- Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcón JJ, Koukoulakis P, & Asano T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agricultura. Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*. 2010;97(9):1233-1241.
- Petrovic M, Sabater S, Elosegi A, Barceló D. 2016. Emerging contaminants in river ecosystems.
- Picó Y, Alvarez-Ruiz R, Alfáran AH, El-Sheikh MA, Alobaid, SM, Barceló D. Uptake and accumulation of emerging contaminants in soil and plant treated with wastewater under real-world environmental conditions in the al hayer area (saudi arabia). *Science of the Total Environment*. 2019;652:562-572.
- Quintero-Bedoya JF, Vivas-Monroy JJ. 2017. Análisis del agua de riego y cambios en parámetros de un suelo salino para el cultivo de caña de azúcar en el municipio de Cerrito (Valle del cauca). Tesis pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Santos JL, Aparicio I, Alonso E, Callejón M. Simultaneous determination of pharmaceutically active compounds in wastewater samples by solid phase extraction and highperformance liquid chromatography with diode array and fluorescence detectors. *Analytica Chimica Acta*. 2005;550(1-2):116-122. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.06.064>.
- US EPA - United States Environmental Protection Agency. 2018. Triclosan. Retrieved July 8, 2018, from <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/triclosan>
- Viloria de la Hoz J. 2007. La economía del departamento de Córdoba: ganadería y minería como sectores clave. Capítulo 4. La economía del departamento de Córdoba: ganadería y minería como sectores clave. Pp. 278-369.
- Wu X, Ernst F, Conkle JL, Gan J. Comparative uptake and translocation of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) by common vegetables. *Environment international*. 2013;60:15-22.
- Xin X, Huang G, Zhang B. Review of aquatic toxicity of pharmaceuticals and personal care products to algae. *Journal of Hazardous Materials*. 2020;410:124619.