

Plaguicidas en canales de riego del distrito de La Doctrina (Córdoba-Colombia)

Pesticides district irrigation canals of La Doctrina (Córdoba-Colombia)

Gregorio De Jesús Arteaga palomo^{1*}, Jose Luís Marrugo Negrete², Juan Gabriel Sanchez Castellón³

Recibido para publicación: Junio 17 de 2017 - Aceptado para publicación: Noviembre 23 de 2017

RESUMEN

El distrito de La Doctrina-Córdoba, aporta a la economía colombiana, con cultivos de arroz (1.230 ha), maíz (50 ha), palma africana (300 ha), papaya (10 ha), hortalizas (8 ha) y 400 ha de pastos. Estos cultivos utilizan plaguicidas ocasionando contaminación en los canales de riego, dichas aguas son utilizadas por los pobladores para uso doméstico y consumo humano. El objetivo de esta investigación fue evaluar las concentraciones de plaguicidas organoclorados (POCl), organofosforados (POF) y cipermetrina (CP) en aguas de los canales de riego del distrito de La Doctrina en dos épocas del año (seca y lluviosa). Los análisis fueron realizados por Cromatografía de gases y Gases-Masas. La CP se detectó por monitoreo de masas SIM, los POCl y POFs se analizaron con detector de captura de electrones (ECD) y nitrógeno-fósforo (NPD) respectivamente. Los resultados mostraron que todas las concentraciones de CP (época-seca) están por encima del límite aceptado según la norma colombiana para agua potable, según la norma Argentina todos sobrepasan los límites permisibles. Entre los POCl solo el Endrín sobrepasó la norma colombiana, no se encontraron POFs. Los porcentajes de aparición individual de plaguicidas muestran el valor más alto para cipermetrina con un 73%. Las altas concentraciones de CP y POCl, en el agua de riego en el distrito La Doctrina, generan un alto interés por la detección de las concentraciones de estos contaminantes es alimentos como el arroz y un alto riesgo a la salud humana.

Palabras clave: Plaguicidas organoclorados, plaguicidas organofosforados, cipermetrina, agua de consumo.

ABSTRACT

La Doctrina district makes a great contribution to Colombian economy with production of several crops such as rice (1230 ha), corn (50 ha), African palm (300 ha), papaya (10 ha), vegetables (8 ha), and pastures (400 ha). To control pests in the crops farmers use organochlorine and organophosphate pesticides in irrigation channels, contaminating drinking water. This work sought to determine the concentrations of organochlorine (POCl) and organophosphate (OP) pesticide and cypermethrin (CP) in irrigation channels of La Doctrina during dry and rainy seasons. Analyses were performed by gas chromatography and gas-mass. CP was detected by monitoring of technique SIM of mass spectrometry, and POCl and POFs were analysed by electron capture detector (ECD) and nitrogen-phosphorus (NPD) respectively. The results showed that all concentrations of cypermethrin (in the dry and rainy seasons) overcome the accepted concentrations in Colombian regulations for drinking water. Also, according to Argentinian regulations, all exceeded this limit. The POCl endrins exceeded the limit allowed for Colombian regulations, but POFs were not found. The percentage of cypermethrin was the highest, with 73%. The high concentrations of the POCl and CP in irrigation water of La Doctrina district motivated us to determine the concentrations of these pesticides in typical foods from the region such as rice.

Key words: Organochlorine pesticide, organophosphate pesticide, cypermethrin, drinking water.

Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en aguas, Química Aplicada y Ambiental – GAQAA, Montería-Colombia, Departamento de Química. Carrera 6 No. 76 -103 Montería - Colombia, Tel (261) 786 05 77 Fax: (261) 786 05 77 Email: jgsc09@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la contaminación del agua representa el mayor riesgo de salud para los humanos, existiendo un incontable número de afecciones y envenenamientos durante la historia como resultado de la exposición a aguas de consumo no tratadas o pobremente tratadas (Varca, 2012). Los principales orígenes de contaminación de los cuerpos de aguas son los desechos municipales, industriales y agrícolas (sólidos y líquidos), lodos, basuras, plaguicidas, efluentes de granjas ganaderas y avícolas, entre otros (Kamel *et al.*, 2009). Los plaguicidas representan una de las fuentes de contaminación del agua y pueden afectar muchos sistemas biológicos, el amplio uso de estas sustancias potencialmente dañinas y sus efectos debe considerarse un punto clave en el desarrollo de investigaciones relacionadas a esta problemática de contaminación (Malaguerra *et al.*, 2012). Además, el gasto en agroquímicos y la variedad de estos, por parte de los campesinos y agricultores, se ha incrementado marcadamente en los últimos años agravando así esta situación de interés mundial (Kuranchi *et al.*, 2012).

Colombia, no es ajena a los problemas de contaminación ambiental por agroquímicos, ya que el uso de los plaguicidas se ha incrementado enormemente durante las dos últimas décadas, usando alrededor de 40000 toneladas de plaguicidas por año y con una tendencia al aumento (GEUN, 2008).

En el corregimiento La Doctrina-Colombia se registran dos campañas al año, la primera a partir de marzo y la segunda a partir de septiembre. El cultivo más importante es el arroz con un área cultivada de 1230 ha, con una producción de 8 t ha⁻¹, es decir 9840 t año⁻¹. Se cuenta con 50 ha en maíz, 300 ha, en palma africana, papaya 10 ha, 8 ha en hortaliza y 400 ha en pastos. Según Fedearroz (2008) últimamente se viene implementando

el cultivo de tilapia roja y cachama (20 ha aproximadamente) en las cuales los cultivadores usan agroquímicos para controlar la aparición de plagas, sin tener en cuenta las consideraciones necesarias para la aplicación de estos compuestos, contaminando el agua utilizada generalmente para uso doméstico y consumo humano (Nasterlack, 2011). Por lo anterior, existe la necesidad de evaluar las concentraciones de plaguicidas organoclorados (POCl), organofosforados (POFs) y cipermetrina (CP), en las aguas de canales de riego, con el fin de establecer una línea base de los niveles residuales de estos contaminantes en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estaciones de muestreo. El corregimiento de La Doctrina se localiza en el municipio de Santa Cruz de Lorica, en el departamento de Córdoba-Colombia. Está situado en los 09° 13' 54" de latitud Norte y 75° 49' 11" de longitud Oeste. Las muestras de agua fueron recolectadas con muestreo puntual en los canales de riego en el distrito la Doctrina, en dos épocas del año, en puntos de entrada y salida de los canales, incluyendo el punto de recolección de todas las vertientes (estación 3: S3), (Figura 1). El muestreo fue basado en el método EPA, 2008.

Extracción y determinación analítica. Para establecer el sistema de medida, o curva de patrón externa, se prepararon mezclas estándar con plaguicidas POCl (Supelco 4-7557-u), POFs (48391 y 8S61268) y CP (4-5835). Los plaguicidas analizados fueron los organoclorados γ -BCH, α -BCH, β -BCH, Heptacloro, Aldrín, Heptacloro epóxido, Dieldrín, 4,4'-DDE, Endrín, 4,4'-DDD, 2,4'-DDT, 4,4'-DDT, los organofosforados Azinphos-methyl, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Disulfoton, Ethoprophos, Fenclorvos, Parathion-methyl, Prothiofos, Demeton O&S, Diazinon, Fenthion, Malathion, Parathion y el piretroide cipermetrina. CP: La extracción de cipermetrina, se realizó por EFS (extracción

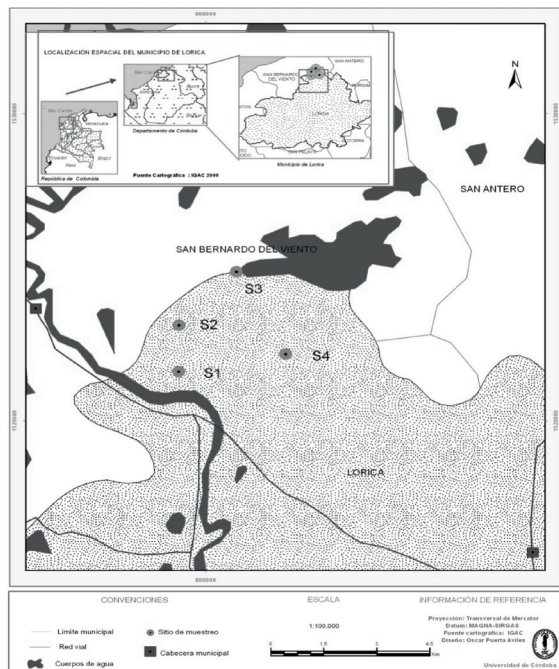


Figura 1. Estaciones de muestreo, Estación 1: S1 (El Líbano “entrada del canal”-Parcela Amín “salida del canal”) a $9^{\circ}, 18', 29,4''$ N – $75^{\circ}, 54', 16,8''$ O; Estación 2: S2 (Indulfo García) a $9^{\circ}, 19', 18,3''$ N – $75^{\circ}, 54', 16,8''$ O; Estación 3: S3 (Alcantarillo) a $9^{\circ}, 20', 15,4''$ N – $75^{\circ}, 53', 23,3''$ O; Estación 4: S4 (Recoge Trapiche) a $9^{\circ}, 18', 48,8''$ N – $75^{\circ}, 52', 37''$ O. Distrito de riego de La Doctrina, Córdoba.

en fase sólida) con cartuchos C18, los cartuchos de EFS fueron acondicionados primero por lavado con diclorometano 10 mL, 10 mL de metanol y 10 mL de agua Ultrapura, luego las muestras problemas de agua (1 L) se hicieron pasar a través de los cartuchos EFS mediante el empleo de un vacío moderado aproximadamente de 10 mL min^{-1} . Los cartuchos SPE se secaron al aire durante 10 min al vacío y 10 min por corriente de nitrógeno para eliminar el agua residual en lo más posible. Los analitos retenidos se eluyeron con 5 mL de metanol, seguido por 5 mL de acetonitrilo. Los eluyentes se recogieron en viales de 10 mL MEFS de vidrio, se evaporó bajo corriente de nitrógeno hasta sequedad y se tapa con septos de revestimiento PTFE, para posteriormente ser analizados y cuantificados en el cromatógrafo de gases acoplado al espectrofotómetro de masas (Bonansea *et al.*, 2013).

Organo clorados: Las muestras de agua se dejan en reposo hasta temperatura ambiente para ser filtradas con una membrana de celulosa de $0,2 \mu\text{m}$ de poro antes de someterlas al procedimiento de extracción. Los residuos de pesticidas contenidos en las muestras de agua se extraen por microextracción líquido-líquido tomando 10 mL de muestra en un balón volumétrico de 25 mL, luego se agregan aproximadamente 2 g de cloruro de sodio y 1 ml de n-hexano, se agita a 8 rpm durante 4 min en un agitador mini vortexer; transcurrido este tiempo se deja reposar 1 min el contenido del balón y se agrega solución saturada de cloruro de sodio hasta lograr separación de fases, se deja reposar por 2 min, y con ayuda de una pipeta pasteur se toman aproximadamente 0,5 mL de la capa de hexano y se transfieren a un vial de 1 mL color ámbar. En esta fase el extracto esta lista para ser analizado por GC-ECD (Lans *et al.*, 2008).

Organo fosforados: Se activa el cartucho C-18 agregando 2 mL de hexano, 2 mL de hexano/acetona (1:1) y 2 mL de acetona sin dejar secar la fase entre porciones y con un vacío de 1,0 pulgada de Hg, se deja a sequedad por 2 minutos aumentando el vacío a 10 pulgadas de Hg. Se agrega 10 mL agua destilada a pH 6,5 con un vacío de 1,0 pulgada de Hg. Se agrega la muestra de agua en el cartucho a un vacío de 7,0 pulgadas de Hg y se lleva a sequedad por 15 minutos con un vacío de 10 pulgadas de Hg (Pitarch, 2001).

Desorción, se agrega 2 mL de acetona, 2 mL de hexano/acetona (1:1) y 2 mL de hexano sin dejar secar la fase del cartucho entre porciones y con un vacío de 1,0 pulgada de Hg. Se deja a sequedad por 15 minutos con un vacío de 10 pulgadas de Hg.

Secado: se acopla la columna de sulfato de sodio, la cual fue preparada previamente activando 5 g de sulfato de sodio anhídrido en el horno a 80°C durante una hora, luego se empaqueta 1 g de éste en un cartucho de

C-18 sin fase estacionaria y se aplica vacío para mayor compactación. Se ajusta la cámara de vacío a 10 pulgadas de Hg y se agrega el eluido a través de la columna, dejando succionar por 2 minutos (Pitarch, 2001).

Concentración: se concentra el eluido en un baño maría a temperatura controlada menor de 90 °C, hasta obtener 1,0 mL e inyectar 1µL en el Cromatógrafo de gases con detector NPD (Pitarch, 2001).

Los análisis se realizaron en un Cromatógrafo de gases Trace GC-Ultra y un Trace GC-Ultra acoplado a un espectrómetro de masas DSQ II marca Thermo, usando una columna capilar VF-5; 30 m x 0,25 mm ID, $df = 0,25$ micras, con modo de inyección Split-Splitless y helio como gas de arrastre grado 4.0. La cipermetrina se detectó por monitoreo de masas SIM a 163 y 181 m/z. Los organoclorados y organofosforados se detectaron con ECD a 250 °C y NPD a 300 °C respectivamente. Para la cipermetrina las condiciones cromatográficas fueron temperatura inicial de 100 °C (manteniendo en 1 min), aumentando a 150 °C a una razón de 25 °C min^{-1} , luego un aumento a 200 °C a una razón de 10 °C min^{-1} , posteriormente a 250 °C por una razón 30 °C min^{-1} (manteniendo en 10,33 min) y finalmente aumentando a 280 °C a 30 °C min^{-1} (manteniendo en 2 min) (12). Los organoclorados se analizaron a una temperatura inicial de 140 °C, durante 3 min, con una variación de 2 °C min^{-1} , hasta 160 °C, manteniéndola por 3 min, luego una variación de 1 °C min^{-1} , hasta 170 °C, manteniéndola por 4 min, y una variación de temperatura 4 °C min^{-1} hasta 200 °C por 3 min, con un detector ECD a 250 °C (13). Para los organofosforados la temperatura inicial del horno fue 100°C, durante 1 min, con una correspondiente variación de 8 °C min^{-1} , hasta 160 °C, manteniéndola por 3 min, luego una variación de 16 °C min^{-1} , hasta 180 °C, manteniéndola por 2 min, y una variación 10 °C min^{-1} hasta 300 °C por 1 min, con detector NPD a 300 °C (Pitarch, 2001).

Control de Calidad. Para determinar cada plaguicida fueron usadas mezclas estándar certificadas de POCl, POFs y CP. El límite de detección de los pesticidas determinados, osciló entre 0,03 a 0,31 $\mu g L^{-1}$, la desviación estándar relativa estuvo por debajo del 6% en todos los casos. El porcentaje de recuperación se mantuvo en el rango de 85 al 96%, y el coeficiente de determinación se mantuvo por encima de 0,99 para los plaguicidas estudiados. La diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los valores encontrados de plaguicidas entre diferentes periodos climáticos se calculó con software Statgraphics Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Organoclorados y Organofosforados. Los resultados de las concentraciones promedio detectadas de plaguicidas en los distintos puntos se muestran en la tabla 1. Entre los organoclorados encontrados se detectó el Endrín en época seca en casi todos los puntos de muestreo excepto en la estación S4, alcanzando su mínimo y máximo nivel en $6,32 \pm 0,21$ y $10,43 \pm 0,32 \mu g L^{-1}$ en las estaciones S2 y S3 respectivamente. En época de lluvia se lograron detectar concentraciones de Endrín pero a niveles un poco más bajos alcanzando su mínimo y máximo en $2,40 \pm 0,22$ y $7,43 \pm 0,43 \mu g L^{-1}$ en las estaciones S2 y S3 respectivamente. El Aldrín solo pudo ser detectado en época seca en el punto S3 (alcantarillo). Este organoclorado pertenece a la docena sucia, que se según el Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A), su comercialización está prohibida desde 1991 (ICA, 2000). La presencia de Endrín en casi todos los puntos de muestreo puede deberse a que el plaguicida es utilizado en cultivos de algodón, maíz y arroz, también actúa como avicida y es usado en el control de ratas y ratones (OMS, 2003). Las altas concentraciones de estos contaminantes en época seca pueden corresponder a su reconocida persistencia y resistencia a la degradación por la luz y el agua, además de su

Tabla 1. Concentraciones de organoclorado, organo fosforados y cipermetryrina en los distintos puntos de muestreo del Distrito de riego de La Doctrina, Córdoba. ND: No Detectable, LCM: Limite de Cuantificación del método, E.S: Época seca, E.LL: Época de Lluvia.

Plaguicida ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Estaciones de Muestreo										LD ($\mu\text{g L}^{-1}$)
	S 1 : El Líbano		S 1 : Parcela Amín		S 2 : Indulfo García		S 3 : Alcantarillo		S 4 : Recoge Trapiche		
	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	
Aldrín	ND	ND	ND	<LCM	ND	ND	0,63 ± 0,12	ND	ND	ND	0,09
Dieldrín	ND	<LCM	ND	<LCM	ND	ND	<LCM	<LCM	ND	ND	0,03
Endrín	9,43a ± 0,41	5,10b ± 0,23	6,75a ± 0,30	4,90b ± 0,43	6,32a ± 0,21	2,40b ± 0,22	10,43a ± 0,32	7,43b ± 0,43	ND	ND	0,31
Metil-parátion	ND	<LCM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,09
Cipermetrina	13,86a ± 0,23	6,43b ± 0,22	13,32a ± 0,43	5,98b ± 0,32	14,76a ± 0,24	9,43b ± 0,25	31,05a ± 0,41	13,42b ±	22,86a ± 0,42	9,57b ± 0,21	0,05

Valores promedios con letra diferentes entre estaciones (E.S-E.LL) en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

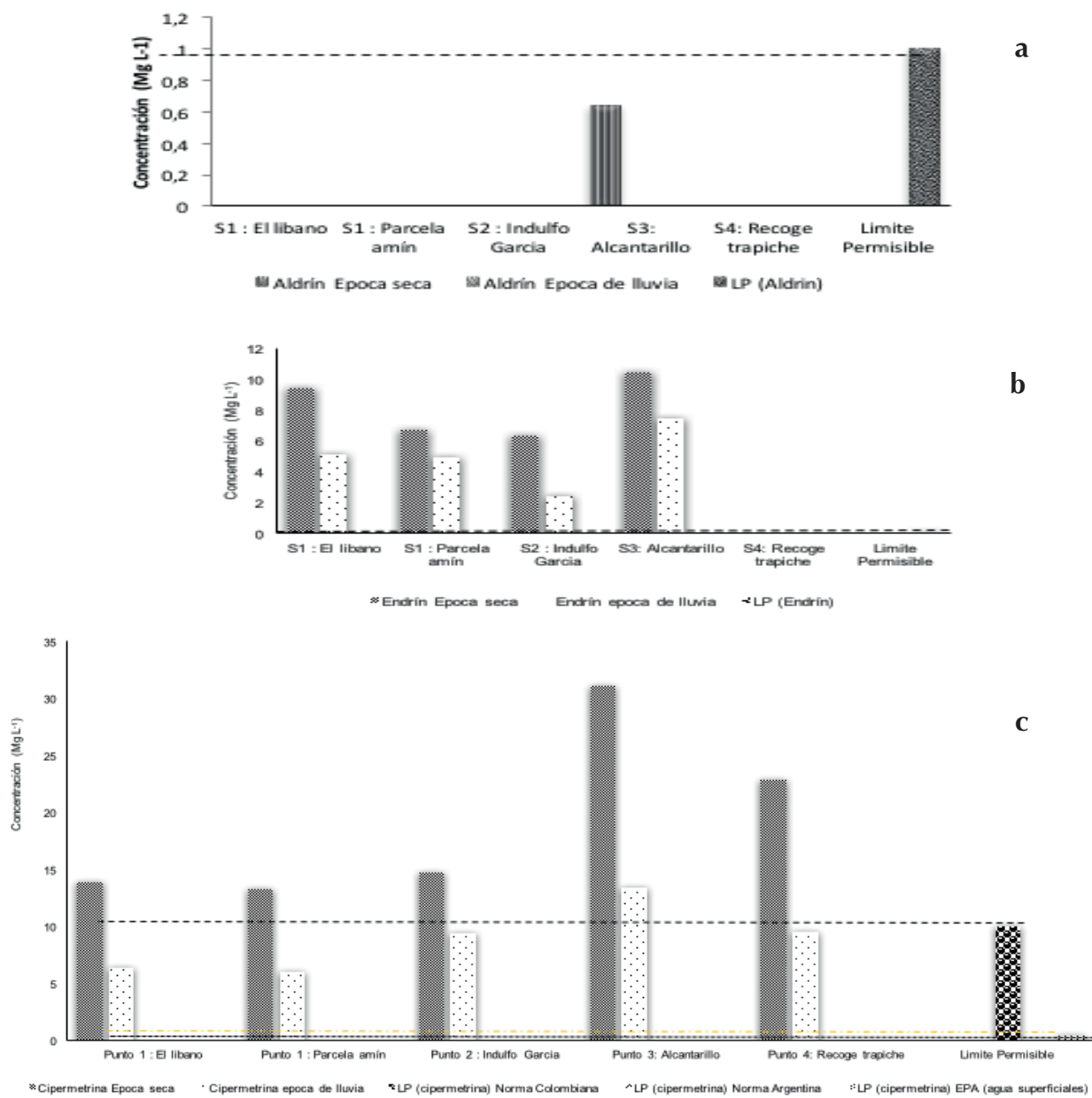


Figura 2. Niveles de plaguicidas ($\mu\text{g L}^{-1}$) en distintas estaciones de muestreo del Distrito de riego La Doctrina, Córdoba, comparadas con normas reguladoras. a) Aldrín b) Endrín c) Cipermetrina. LP (Limite permisible).

baja biodegradabilidad y notable magnificación en cadenas alimenticias (FAO, 2002).

En todos los casos las concentraciones de Endrín sobrepasan los límites permisibles para agua potable ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 2b) según el ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en resolución 2115 del 2007 (Minambiente, 2007). Al parecer la diferencia significativa ($p < 0,05$) de las concentraciones de Endrín entre épocas del año, muestra una acumulación del plaguicida en los canales de riego en el verano alcanzando un máximo valor en la estación S3 de $10,43 \pm 0,32 \mu\text{g L}^{-1}$. En la costa colombiana, se han detectado concentraciones de plaguicidas entre estos Endrín ($0,322 \text{ ng L}^{-1}$) a $0,5 \text{ m}$ en la desembocadura del Canal del Dique (CIOH, 1992). Hasta nuestro conocimiento no se han encontrado referencias sobre concentraciones de Endrín en canales de riego en Córdoba.

Solo en la estación S3 época seca se encontró Aldrín, por debajo de la norma colombiana para agua potable ($1 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 2a). En zonas aledañas al distrito de la Doctrina Lans y colaboradores encontraron concentraciones de Aldrín de hasta $0,280 \mu\text{g L}^{-1}$ en la ciénaga grande de Lorica (Lans *et al.*, 2008). Se presume que su presencia se debe a actividades antropogénicas de control de plagas en la zona, sin desmeritar que la estación S3 es un punto de acopio, de todos los canales del Distrito favoreciendo así su acumulación.

Aunque no se encontraron la mayoría de plaguicidas organofosforados, se detectaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación, de metilparation, probablemente por ser un plaguicida que es degradado rápidamente por acción de los microorganismos, hidrólisis y fotólisis. Comúnmente cerca del 100% de su concentración es removida en un período de 2 a 4 semanas (INECC, 2012). La cipermetrina fue detectada y cuantificada en todas las estaciones de muestreo, en donde

los rangos máximos y mínimos para época seca fueron $31,05 \pm 0,41$ y $13,32 \pm 0,43 \mu\text{g L}^{-1}$ para S3 y S1 respectivamente y para época de invierno los rangos fueron $13,42 \pm 0,42$ y $5,98 \pm 0,32 \mu\text{g L}^{-1}$ respectivamente existiendo diferencia significativa entre épocas ($p < 0,05$).

En época seca las concentraciones de cipermetrina sobrepasaron los niveles aceptables según la norma colombiana ($10 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 1c), pero por debajo de la norma en época húmeda en las estaciones S1, S2 y S4. Según la Guía ambiental argentina para la calidad de aguas, establecida para la protección de la biota acuática, todas las concentraciones de cipermetrina en época de lluvia y verano están por encima de la norma ($0,6 \text{ ng L}^{-1}$) (Bonansea *et al.*, 2013), de la misma forma estas concentraciones encontradas de cipermetrina sobrepasan los límites según la EPA, 2002.

En todas las estaciones las concentraciones de cipermetrina fueron superiores que otros plaguicidas encontrados como el Aldrin y Endrín, esto se debe a que en el distrito el cultivo más importante es el arroz con un área cultivada de 1.230 ha y según los pobladores entre los insecticidas más usados para este tipo de cultivo tenemos la cipermetrina (INCODER, 2007). Estudios previos muestran niveles bajos de cipermetrina en el río Ebro ($0,73$ a $57,2 \text{ ng L}^{-1}$) (Feo *et al.*, 2010) y niveles altos de cipermetrina (710 - $194 \mu\text{g L}^{-1}$) se midieron en otros ríos argentinos (Jergentz *et al.*, 2005; Marino *et al.*, 2005). La cipermetrina ha sido el primer piretroide reportado con efectos mortales para humanos (Shen *et al.*, 2012). Es uno de los plaguicidas más comúnmente utilizados debido a la alta potencia insecticida y su comparativa baja toxicidad para los mamíferos (Nasuti *et al.*, 2008). Sin embargo, se sospecha que tienen un alto potencial genotóxico/cancerígeno (Kocaman y Topaktas, 2009). Es muy tóxica para peces y animales invertebrados acuáticos, donde se acumula muy rápidamente (Shen *et al.*, 2012). Según la Organización Mundial de la Salud, es un plaguicida clasificado

como moderadamente peligroso (clase II); sin embargo, estudios recientes muestran que los efectos de la cipermetrina en la salud pueden ser más severos de lo que indican evaluaciones toxicológicas previas (Nasuti *et al.*, 2008).

Existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los niveles encontrados de Cipermetrina y Endrín en cada punto de muestreo en época seca, de la misma forma en época de lluvia. Los porcentajes de frecuencia de aparición individual de cada plaguicida se muestran en la figura 3, donde el 73 % corresponde a cipermetrina, de los cuales el 50 % es Cipermetrina época seca y el 23 % Cipermetrina época lluviosa.

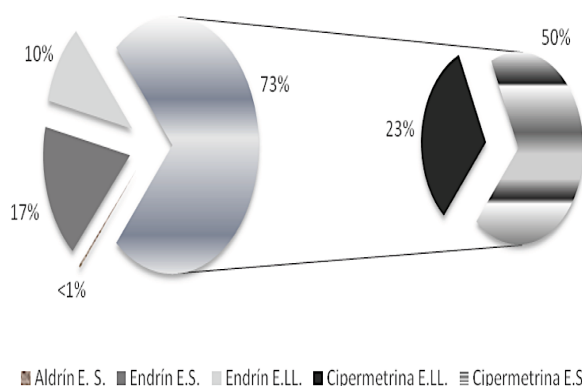


Figura 2. Niveles de plaguicidas ($\mu\text{g L}^{-1}$) en distintas estaciones de muestreo del Distrito de riego La Doctrina, Córdoba, comparadas con normas reguladoras. a) Aldrín b) Endrín c) Cipermetrina. LP (Limite permisible).

CONCLUSIONES

El presente estudio mostro que se detectaron y cuantificaron dos tipos de plaguicidas organoclorados: Aldrín y Endrín, además un piretroide como la Cipermetrina, éste último en todas las estaciones de muestreo con una frecuencia de aparición de 50% para época seca y 23% para lluviosa, demostrando que estos compuestos están siendo usados en el control de los cultivos y además que existe una preocupante persistencia de estos contaminantes en el medio acuático.

De todos los plaguicidas detectados solo el

Endrín y la Cipermetrina se encuentran sobre el límite permisible por la legislación colombiana. La presencia de los organoclorados Endrin y Aldrin en las aguas de riego del distrito de riego La Doctrina enciende las alarmas sobre la comercialización y utilización de estos compuestos pertenecientes a la docena sucia, prohibidos desde 1991

REFERENCIAS

- Bonansea, R., Amé, M. y Wunderlin, D. 2013.** Determination of priority pesticides in water samples combining SPE and SPME coupled to GC-MS. A case study: Suquia River basin (Argentina). *Chemosphere* 90(6):1860-1869. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.10.007>
- CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas). 1992.** Monitoreo de la contaminación en el Caribe colombiano: petróleo, pesticidas y desechos sólidos flotantes. Informe final Proyecto N1 17.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2002.** Cypermethrin and an Isomer Zeta-cypermethrin; Pesticide Tolerances for Emergency Exemptions. <https://www.federalregister.gov/articles/2002/09/04/02-22606/cypermethrin-and-an-isomer-zeta-cypermethrin-pesticide-tolerances-for-emergency-exemptions#p-21>. [9 de Abril del 2002].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002.** Programa de Desarrollo Sostenible de la Región de la Mojana. Departamento de Planeación Nacional, Bogotá, 207p.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2008.** Method 3510, cipermetrina's determination in water. <http://www.epa.gov/lead/pubs/lppw2008sp.htm>. [21 de mayo de 2008].
- FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros). 2008.** Guía para el crecimiento agronómico en Córdoba. <http://www.fedearrozagro.com> [14 de julio 2008].
- Feo, G., Eljarrat, E., Barceló, D. 2010.** Presence of pyrethroid pesticides in water and sediments of Ebro River Delta. *Journal of Hydrology* (393):156-162. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.08.012>

- GEUN (Grupo de estudiantes de la universidad Nacional). 2008.** Plaguicidas: Impactos Socioeconómicos en Colombia. Memorias III. Seminario Nacional Aconteceres Entomológicos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Abril del 2008, p1-19.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2000.** Comercialización de plaguicidas: Importación, Producción, Ventas y Exportaciones en 1998. División de Insumos Agrícolas. Produmedios.
- INECC. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2004.** Fichas técnicas de los Herbicidas incluidos en el catálogo CICOPAFEST 2004. <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/busquedas.html>. [11 de mayo del 2012].
- Jergentz, S., Mugni, H., Bonetto, C., Schulz, R. 2005.** Assessment of insecticide contamination in runoff and stream water of small agricultural streams in the main soybean area of Argentina. *Chemosphere* (61):817-826. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.036>
- Kamel, A., Byrne, C., Vigo, C., Ferrario, J., Stafford, C., Verdin, G. 2009.** Oxidation of selected organophosphate pesticides during chlorination of simulated drinking water. *Water Research* 43(2):522-534. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.038>
- Kocaman, A., Topaktas, M. 2009.** The in vitro genotoxic effects of a commercial formulation of alpha-cypermethrin in human peripheral blood lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis* (50):27-36. <https://doi.org/10.1002/em.20434>
- Kuranchi, H., Atiemo, S., Arthur, S., Fosu, P. 2012.** Determination of organochlorine pesticide residue in sediment and water from the Densu river basin, Ghana. *Chemosphere* 86(3):286-292. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.031>
- Malaguerra, F., Albrechtsen, H., Thorling, L., Binning, P. 2012.** Pesticides in water supply wells in Zealand, Denmark: A statistical analysis. *Science of The Total Environment* (414):433-444. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.071>
- Marino, D., Ronco, A. 2005.** Cypermethrin and chlorpyrifos concentration levels in surface water bodies of the Pampa Ondulada, Argentina. *Bulletin Environmental Contamination Toxicologic* (75):820-826. <https://doi.org/10.1007/s00128-005-0824-7>
- Minambiente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). 2007. Resolución 2115.** Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2p.
- Nasterlack, M. 2011.** Pesticide Exposure and Human Cancer. *Encyclopedia Environmental Health* 412-418.
- Nasuti, C., Falcioni, M., Nwankwo, I., Cantalamessa, F., Gabbianelli, R. 2008.** Effect of permethrin plus antioxidants on locomotor activity and striatum in adolescent rats. *Toxicology* (251):45-50. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2008.07.049>
- Lans, E., Marrugo, J., Díaz, B. 2008.** Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la Ciénaga Grande del Valle Bajo del Río Sinú Colombia. *Revista Temas Agrarios* 13(1):49-56.
- OMS (Organización Mundial para la Salud. 2003).** Endrín in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza).
- Pitarch, A. 2001.** Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas. Tesis doctoral, Universidad de Jaume I de Castellón, Castellón.
- Shen, M., Kumar, A., Ding, S., Grocke, S. 2012.** Comparative study on the toxicity of pyrethroids, α -cypermethrin and deltamethrin to *Ceriodaphnia dubia*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (78):9-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.07.018>
- Varca, L. 2012.** Pesticide residues in surface waters of Pagsanjan-Lumban catchment of Laguna de Bay, Philippines. *Agricultural Water Management* (106):35-41. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.006>