

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS Y METALES
PESADOS EN LAS AGUAS DEL EMBALSE EL GUÁJARO, ATLÁNTICO.**

MERCEDES BENITEZ MOJICA

LAURA LICETH BLANCO PINTO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

BARRANQUILLA

2017

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS Y METALES
PESADOS EN LAS AGUAS DEL EMBALSE EL GUÁJARO, ATLÁNTICO.**

MERCEDES BENITEZ MOJICA

LAURA LICETH BLANCO PINTO

**Informe de Proyecto de Grado para optar por el título de
Ingeniero ambiental.**

ASESOR

Msc Daniel Castañeda Valbuena

CO- ASESOR:

PhD Franklin Torres Bejarano

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

BARRANQUILLA

2017

NOTA DE ACEPTACION

Firma del Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos permitido alcanzar esta meta y darnos salud para lograrla, además de su infinita bondad, sabiduría y amor. Muchas veces quisimos abandonar todo por los obstáculos y momentos de estrés que vivimos en la realización de este proyecto, pero toda la paciencia y fortaleza que le pedimos a Dios para continuar y no morir en el intento rindieron sus frutos. Hoy reconocemos que sin Él nada hubiese sido posible.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y familiares.

Por habernos apoyado en todo momento, aun económicamente; por sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por la motivación constante que nos ha permitido desarrollarnos interdisciplinariamente, por el valor mostrado para salir adelante. Pero más que nada, por su amor. A nuestros hermanos, abuelos y demás familiares, los cuales estuvieron siempre al pendiente de todo lo que nos sucedía y fueron fuente de energía cuando la necesitamos. ¡Gracias a ustedes!

A nuestros Queridos Tutores.

Hemos llegado a apreciarles mucho, es por esto que especialmente quisiéramos mostrar nuestra gratitud y más sincero cariño con el PhD. Franklin Torrez Bejarano y el Msc Daniel Castañeda Valbuena, por tener siempre las puertas abiertas para resolver nuestras dudas, atender quejas, para apoyarnos y en general, solucionar todo tipo de problemas que han surgido en el desarrollo de la tesis, se tomaron el tiempo y el trabajo de seguir al pendiente del desarrollo de nuestro trabajo y así mejorar la calidad de este. Para nosotras han sido los mejores Directores de Tesis que pudimos encontrar en la Universidad, hemos aprendido mucho de ustedes, tanto en el ámbito profesional por ser grandes profesionales y en el personal por ser excelentes personas, ustedes nos han demostrado querernos como sus hijas y no creemos que podamos retribuirles y agradecerles lo suficiente por ello.

A todas las personas que hacen parte del Laboratorio CITA.

Especialmente agradecemos a Erika Arbeláez y a Ana Belén, las cuales siempre estuvieron atentas y dispuestas ante cualquier duda, petición, tiempo antes de cada muestreo; realmente reconocemos que fueron una parte muy importante del desarrollo de este proyecto. Gracias por su paciencia y su amor, Dios las bendiga por tan excelente trabajo.

A Nazhir Amaya, José Campuzano y Jesús Padilla.

Amigos que siempre tendrían para nosotras una mano extendida ante cualquier situación a lo largo de la realización de nuestra tesis; Mendeley, ArcGIS, son un claro ejemplo de su guía y dedicación para con nosotras.

A Karols Scaldaferrro.

Una compañera que con el desarrollo de este proyecto se convirtió en una hermana para nosotras. Queremos darte las gracias por todo el apoyo que nos brindaste durante todo este tiempo, por tomarte el tiempo y el trabajo de explicarnos cuando no entendíamos, por ayudarnos a realizar los mapas en ArcGIS y por siempre brindarnos una mano. En nosotras siempre encontrarás a dos hermanas que siempre estarán esperándote con los brazos abiertos. Dios bendiga ese enorme corazón que tienes.

A nuestros amigos.

Queremos mostrar un agradecimiento especial a nuestros amigos que siempre han confiado en nuestra capacidad para culminar este trabajo de grado animándonos a seguir hasta el final.

RESUMEN

Los plaguicidas y metales pesados en muchas ocasiones se encuentran depositados como contaminantes en los cuerpos de agua. Es por esto que en el presente proyecto de investigación se ha realizado una evaluación parcial de los niveles de concentraciones de plaguicidas organoclorados (OC), plaguicidas organofosforados (OF), y metales pesados en el Embalse El Guájaro. Los resultados que aquí se presentarán, derivan de una campaña de muestreo, en donde se recolectaron muestras simples durante el mes de Octubre y de Diciembre del año 2016; con el fin de determinar las concentraciones de plaguicidas y metales pesados, se muestrearon a nivel superficial 7 estaciones a lo largo del Embalse, con el fin de evaluar 30 plaguicidas OC y 23 plaguicidas OF, mediante la metodología de cromatografía de gases (CG); adicionalmente, se evaluaron 6 metales pesados Mercurio, Plomo, Zinc, Cromo, Níquel y Cadmio por el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA). Así mismo, se determinaron las variables, salinidad, temperatura, Oxígeno Disuelto, pH y conductividad. El resultado obtenido fue que no se detectó presencia de los 53 plaguicidas evaluados; no obstante, se detectó la presencia de metales pesados como: Mercurio, Plomo, Zinc, y Cadmio; encontrándose niveles permisibles, según normativas nacionales e internacionales, de Zinc en este cuerpo de agua, mientras que los niveles de Mercurio, Plomo y Cadmio, superaron los límites permisibles bajo la influencia de fuentes antropogénicas de contaminación. Con base en estos resultados se procedió a realizar una representación en un sistema de información geográfica SIG, que en conjunto con el resto de resultados obtenidos establecen un punto de referencia para la planificación de futuros estudios, que permitan identificar el estado del Embalse El Guájaro, suministrando información relevante acerca de la contaminación de plaguicidas y metales pesados en la zona de estudio.

Palabras claves: plaguicidas, metales pesados, SIG.

ABSTRACT

Pesticides and heavy metals in many occasions are found as pollutants in bodies of water. That's why in this research project has been realized a partial evaluation of the of organochlorine pesticides OC, organophosphorus pesticides OF, and heavy metals in the Guájaro Reservoir. The results presented here where simple samples were collected during the month of October and December of the year 2016; In order to determine concentrations of pesticides and heavy metals, 7 stations were sampled at the surface level along the Embalse, in order to evaluate 30 OC pesticides and 23 OF pesticides, using gas chromatography (CG) methodology; Additionally, 6 heavy metals Mercury, Lead, Zinc, Chromium, Nickel and Cadmium were evaluated by the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. Also, the variables, salinity, temperature, dissolved oxygen, pH and conductivity were determined. The obtained result showed it wasn't detected presence of 53 evaluated pesticides; However, it detected the presence of heavy metals like: Mercury, Lead, Zinc and cadmium; being permissible levels, according to national and international regulations, Zinc and cadmium in this body of water, while the levels of mercury and lead exceeded the permissible limits under the influence of anthropogenic sources of pollution. Based on these results, a representation was made in a GIS geographic information system, which, together with the other results obtained, establishes a reference point for the planning of future studies to identify the state of El Guájaro Reservoir, Providing relevant information on the contamination of pesticides and heavy metals in the study area.

Key words: Pesticides, heavy metals, GIS.

Contenido

Lista tablas y figuras.....	xi
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	3
3. Justificación.....	6
4. Objetivos	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos específicos.....	8
5. Estado del arte.....	9
5.1 Plaguicidas	9
5.2 Metales pesados.....	11
5.3 Embalse El Guájaro.....	13
6. Marco teórico	15
6.1 Plaguicidas	15
6.2 Metales Pesados	20
6.3 Sistemas de información Geográfica SIG	24
7. Metodología	26
7.1 Descripción del área de estudio.....	26
7.2 Recolección de información directa.....	26
7.3 Toma de muestras.....	27
7.3.1 Plaguicidas.....	28

7.3.2	Metales pesados.....	29
7.3.3	Parámetros físico-químicos.....	29
7.4	Procedimientos de laboratorio.....	29
7.5	Distribución espacial.....	30
8.	Resultados.....	31
8.1	Recolección de información directa.....	31
8.2	Toma de muestras.....	34
8.3	Distribución espacial.....	35
8.3.1	Parámetros físicos – químicos.....	35
8.3.2	Metales pesados.....	42
8.4	Comparación con la norma.....	46
9.	Discusión.....	50
9.1	Recolección de información directa.....	50
9.2	Plaguicidas.....	51
9.3	Metales pesados.....	52
9.4	Parámetros físico-químicos.....	59
10.	Conclusiones y recomendaciones.....	61
10.1	Conclusiones.....	61
10.2	Recomendaciones.....	62
	Referencias.....	64
	Bibliografía.....	84
	ANEXOS.....	87

Lista tablas y figuras

Tablas

Tabla 6.1 Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad.	19
Tabla 6.2 Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad	19
Tabla 6.3 clasificación de los plaguicidas, según la familia química.	20
Tabla 6.4 Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos	22
Tabla 7.5 Coordenadas geográficas y Magna Sirgas de las estaciones de muestreo.....	28
Tabla 8.6 Plaguicidas empleados en los seis meses previos al estudio.	31
Tabla 8.7 Parámetros de calidad del agua in situ.	35
Tabla 8.8 Concentraciones de metales pesados en las Aguas del Embalse El Guájaro.	42
Tabla 8.9 Límites máximos permisibles según normativas nacionales e internacionales de los metales pesados estudiados en las aguas del Embalse El Guájaro.	46

Figuras

Figura 6.1 Vías de movimiento de los plaguicidas..	17
Figura 6.2 Vías de movimiento de los metales (mercurio, Hg)	23
Figura 7.3 Área de estudio, Embalse El Guájaro..	26
Figura 7.4 Estaciones de Muestreo en el Embalse el Guájaro, Atlántico	27
Figura 8.5 Tiempo de aplicación de plaguicidas.....	32
Figura 8.6 Fecha de la última cosecha	33
Figura 8.7 Disposición del plaguicida sobrante	34

Figura 8.8 Disposición de los envases de plaguicidas vacíos	34
Figura 8.9 Batimetría en el Embalse en la CD.....	36
Figura 8.10 Distribución de la Temperatura en el Embalse en la CD.....	37
Figura 8.11 Distribución del pH en el Embalse para la CD.....	38
Figura 8.12 Distribución del Oxígeno Disuelto en el Embalse, en la CD.....	39
Figura 8.13 Distribución de la Conductividad en el Embalse en la CD.....	40
Figura 8.14 Distribución de la Salinidad en el Embalse en la CD.....	41
Figura 8.15 Distribución de Mercurio en el Embalse en la CD.....	43
Figura 8.16 Distribución de Cadmio en el Embalse en la CD.....	44
Figura 8.17 Distribución de Plomo en el Embalse en la CD.....	45
Figura 8.18 Valores de Mercurio en agua Vs Valores de referencia según la norma.....	47
Figura 8.19 Valores de Plomo en agua Vs Valores de referencia según las normas.....	47
Figura 8.20 Valores de Plomo en agua Vs Valores de referencia según las normas.....	48
Figura 8.21 Valores de Zinc en agua Vs Valores de referencia según la norma.....	48
Figura 8.22 Valores de Cadmio en agua Vs Valores de referencia según la norma.....	49

1. Introducción

Existe una creciente preocupación a nivel mundial por la situación y cambios del ambiente. Los cuerpos de agua están siendo afectados por la acción de factores antropogénicos como son las grandes obras de ingeniería, la transformación del paisaje, los cambios en el uso de la tierra, la sobreexplotación de sus recursos, la contaminación, cambios de ciertos cursos de agua, y muchos otros. Todos estos son motivos suficientes para que se perciba la necesidad de estudiar la calidad del recurso hídrico (Costagliola, 2003; Segnini, 2003).

Gran parte de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce, causando efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos (Herrera, Rodríguez, Coto, Salgado, & Borbón, 2013) los cuales al interactuar con las corrientes de agua ponen en circulación los contaminantes retenidos, alterando la dinámica general de la masa de agua (Mariani & Pompêo, 2008). También se ha demostrado que variaciones en las propiedades fisicoquímicas de las corrientes de agua, como el pH, la salinidad y el potencial redox, pueden provocar movilización y resuspensión de especies químicas acumuladas en los sedimentos, magnificando incluso su efecto tóxico, tal como es el caso de los metales pesados (Herrera et al., 2013).

Los metales pesados en comparación con otros contaminantes, no son biodegradables y sufren un ciclo ecológico global en el cual las aguas naturales son las principales vías, provocando graves alteraciones ecológicas y biológicas, no solo al ecosistema, sino a los humanos (Márquez et al., 2008). Este grupo de elementos pueden provenir de fuentes tan diversas como lo son las actividades petroleras, agrícolas (fungicidas, herbicidas e insecticidas),

industriales (metalúrgicas y metal – mecánicas) e incluso urbanas y sanitarias (Ponce-Velez & Botello, 1992). Otros contaminantes que causan graves alteraciones al medio son los plaguicidas, estos son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a controlar plagas, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causan perjuicio o que interfieren con la producción agropecuaria y forestal (Hernández & Hansen, 2011). La agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo el 85% de la producción mundial, con el fin de controlar químicamente las diversas plagas (Ramírez & Lacasaña, 2001).

Debido a la presencia de fuentes antropogénicas situadas alrededor del área de estudio, es posible que se observe la presencia de los contaminantes evaluados en este trabajo, es por ello que el objetivo de este estudio consistió en evaluar las concentraciones de plaguicidas y metales pesados presentes en el Embalse El Guájaro generando un marco conceptual que permita identificar el estado actual del mismo.

2. Planteamiento del problema

El Embalse del Guájaro por su extensión y productividad es el de mayor tamaño en su género en el departamento del Atlántico y uno de los más importantes de Colombia, este, es el resultado de la unión de las ciénagas Limpia, Ahuyama, Cabildo, Playón de hacha, La Celosa y el Guájaro (Leon-Peña, Silvera-Peña, Villa-Cepeda, & Ahumada-Colon, 2015). En el área de influencia del embalse se encuentran en los municipios de Luruaco, Repelón, Manatí y Sabanalarga; este está conectado directamente al Canal del Dique a través de los caños de San Antonio y El Limón y su nivel es regulado por medio de compuertas. En sus inicios el embalse tenía capacidad para almacenar unos 400 millones m³ de agua en un área total de 16.000 hectáreas y con una profundidad promedio de cinco metros (Fallis, 2013); 14.000 de estas hectáreas eran destinadas para la pesca diaria de más de 2.500 pescadores provenientes de los municipios circundantes, pero ante el abandono institucional y la falta de conciencia ecológica de los pobladores de su alrededor, la extensión del espejo de agua del embalse se ha reducido a 12.200 hectáreas, su profundidad ha disminuido a dos metros en promedio y su capacidad de almacenamiento ha bajado ostensiblemente (Casas-Díaz et al., 2009; Corporación Autónoma Regional del Atlántico, 2014).

El Embalse del Guájaro ha venido presentando los siguientes problemas: descarga de aguas servidas de los municipios y corregimientos circundantes, la disposición de basuras en el área de influencia, la agricultura y la ganadería extensiva inciden negativamente en el embalse con prácticas inadecuadas de mecanización del suelo y la adición de agroquímicos (CRA, 2014; Padilla Coba, 2015; Rosado & Orozco-Africano, 2006); por último la explotación minera de materiales de construcción (arena, grava, triturado), de las cuales 20 aún se encuentran activas

(Ver anexo B). El impacto ambiental más importante de este sector, lo constituye el aporte de sedimentos a los cuerpos de agua por el mal manejo de las aguas de escorrentía; siendo el de mayor significancia el impacto sobre el embalse del Guájaro (Casas-Díaz et al., 2009). Estas prácticas terminan generando contaminantes como plaguicidas e incluso algunos metales pesados que resultan peligrosos para el cuerpo de agua y la vida que alberga, como también para las personas que subsisten y usan estas aguas; a su vez, actividades económicas podrían presentar una relación directa o indirecta con la presencia de dichos contaminantes.

La calidad del agua hace referencia al grado de salubridad y pureza de ésta para el consumo humano o que reúne condiciones apropiadas que la hacen apta para ser utilizada para un fin determinado. En muchos países se ha constatado que la actividad agrícola puede afectar la calidad tanto del agua superficial (ríos y lagos) como subterránea (acuíferos) (Méndez et al., 2009). El uso de plaguicidas químicos es recurrente en el quehacer agrícola para el control de plagas, esta actividad genera deterioros en el suelo, el agua, la biota y los sedimentos, debido a su transporte a través de infiltración y lixiviación hacia sistemas lagunares y mantos freáticos, constituyendo factores de riesgo a ecosistemas terrestres y acuáticos (García-Gutiérrez & Rodríguez-Meza, 2012).

Como en la carga ambiental de productos químicos tóxicos figuran compuestos tanto agrícolas como no agrícolas, es difícil separar los efectos ecológicos y sanitarios de los plaguicidas y los compuestos industriales que de forma intencionada o accidental se liberan en el medio ambiente. Si bien el uso de productos químicos en la agricultura se reduce a un número limitado de compuestos; esta hace parte de las actividades en la que se descargan deliberadamente en el medio ambiente productos químicos para acabar con algunas formas de vida (Ongley, 1997).

En la aplicación de fertilizantes agrícolas, es común la incorporación de oligoelementos, que se incorporan al suelo y posteriormente a los cuerpos de agua (Perdomo, 2005); Los metales pesados, también pueden incorporarse a los cuerpos de agua a través de residuos industriales que son vertidos sin tratamientos previos (García & Dorronsoro, 2005). Estos contaminantes resultan perjudiciales para el ambiente, debido a que no se degradan fácilmente (Cañizares-Villanueva, 2000; García, Moreno, Teresa, & Polo, 2002) sino que permanecen en él por largo tiempo. Al mismo tiempo, se ha demostrado que dichos elementos producen daños morfológicos y fisiológicos en los organismos (Gonzalez, 1997).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente surge el cuestionamiento ¿Existe relación directa entre las actividades socioeconómicas del área de influencia del embalse El Guájaro y la concentración de plaguicidas y metales pesados en el mismo?

3. Justificación

Los plaguicidas son uno de los mayores contaminantes de origen antrópico en los ambientes naturales, los cuales se aplican frecuentemente en la actividad agrícola (Konstantinou, Hela, & Albanis, 2006). El uso agrícola de plaguicidas es un subconjunto del espectro más amplio de productos químicos industriales utilizados en la sociedad moderna, según la base de datos de la American Chemical Society, en 1993 se habían identificado más de 13 millones de productos químicos, a los que se sumaban cada año unos 500.000 nuevos compuestos (Ongley, 1997). En Colombia el modelo de desarrollo agrícola se sustenta principalmente en el uso de agroquímicos, este ocupa aproximadamente el 40% de la fuerza laboral y representa el 50% de las divisas del país (Varona, 2009). Hasta el día de hoy no se ha dado a conocer ningún estudio concerniente a la contaminación por plaguicidas en el embalse el Guájaro, es por esto que evaluar los niveles de concentración de plaguicidas en las aguas del embalse resulta pertinente si se reconocen como actividades primarias de la región y el consumo de estas aguas en procesos agrícolas, ganaderos y humano (Lans, Marrugo, & Díaz, 2008).

A diferencia de los plaguicidas, existe un sin número de estudios de metales pesados en cuerpos de aguas en Colombia, pero a pesar de esto, resulta oportuno su estudio debido a su toxicidad y a que su presencia en la vida cotidiana es un hecho ante el que nos encontramos diariamente (Sánchez, 2010). Sus efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, pero si puede haber una incidencia muy importante a medio y largo plazo. Una correcta evaluación de las presiones medioambientales que el hombre impone sobre los ecosistemas naturales requiere un mejor entendimiento sobre la interacción de los distintos contaminantes y los componentes de dichos ecosistemas (Mancera-Rodríguez & Álvarez-León, 2006a); debido a la elevada toxicidad,

alta persistencia, rápida acumulación por los organismos vivos, efectos directos a la salud y sistemas acuáticos es de suma importancia realizar un estudio de metales pesados en las aguas del embalse (Buenfil-Rojas & Flores-Cuevas, 2007).

Teniendo en cuenta el estado actual del Embalse El Guájarro, se considera pertinente la realización de un estudio que permita consolidar la información existente para hacer un análisis en torno al uso adecuado de los plaguicidas y la presencia de metales pesados.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar los niveles de concentración de plaguicidas organoclorados (OC) y organofosforados (OF) y metales pesados (Cd, Cr, Ni, Hg, Pb y Zn) en las aguas del Embalse El Guájaro, Atlántico.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar el nivel de concentración de plaguicidas y metales pesados presentes en las aguas del embalse El Guájaro y su relación con las actividades socioeconómicas del área de influencia.
- Representar la distribución de la concentración de los plaguicidas y metales pesados detectados en el embalse, a través de mapas mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

5. Estado del arte

Según la Organización Mundial de la Salud, OMS & Organización Panamericana de la Salud, OPS (1993) la Monitorización ambiental es un proceso de evaluación directa de la contaminación del ambiente, realizado mediante la identificación y medición cuantitativa de diferentes contaminantes, como los plaguicidas y metales pesados, en muestras de alimentos, agua, aire y suelo. Para la población general la monitorización de plaguicidas y metales pesados en el agua es fundamental, dado que representa una de las principales fuentes de exposición para el ser humano (Ramírez & Lacasaña, 2001). Es por esto, que la matriz de agua en especial, es de suprema importancia pues se caracteriza por el vínculo con el ser humano y el medio ambiente en general. (Kanzari et al., 2014; Wu et al., 2015; Yuan et al., 2015).

5.1 Plaguicidas

Se han realizado estudios e investigaciones acerca de la evaluación de los niveles de plaguicidas en cuerpos de agua, como es el caso de Gong, Qi, & Wang (2010), Hernández Antonio & Hansen(2011) y Lans Ceballos (2011) los cuales detectaron presencia de plaguicidas OC en diferentes escenarios ambientales y exponen que provienen principalmente de resuspensión y liberación de contaminantes de los sedimentos.

Como antecedentes internacionales acerca de la contaminación por plaguicidas en cuerpos de agua, se encuentra la investigación sobre la concentración de plaguicidas en las aguas superficiales y subterráneas en la provincia de Almería, España, en la cual se determinaron más de cuarenta plaguicidas OC y OF, reconocidos por su amplio uso en tratamientos agrícolas en esta zona (Martínez-Vidal , Gonzalez-Rodríguez , Belmonte-Vega , 2004). Una investigación similar, fue la realizada por Bedmar et al., (2015) en la que publicó acerca del El Cardalito,

Argentina, donde existe un importante cinturón hortícola con riesgo de contaminación del agua subterránea con plaguicidas en la cuenca del arroyo uso intensivo de agroquímicos, con el objetivo de estimar el riesgo potencial de lixiviación de los herbicidas, insecticidas y fungicidas comúnmente utilizados en dicha cuenca.

En la que evalúan el riesgo de contaminación del agua subterránea con plaguicidas en la cuenca del arroyo El Cardalito, Argentina, llegando a la conclusión de que el riesgo de contaminación potencial del agua subterránea varió en función del plaguicida, la recarga neta de agua subterránea y el horizonte o perfil de suelo considerado.

Carvajal, Gómez, Infanzón, Villalobos, & Waliszewski (2004), en su estudio describen las técnicas en las que utiliza el ácido sulfúrico para las determinaciones de plaguicidas OC, en muestras de suelo, sedimento y agua, se detectaron once plaguicidas OC y se estableció que los plaguicidas OC que se degradan bajo la acción del ácido sulfúrico son Dieldrin, Endrin, Clordano y Metoxiclor. También se destaca el análisis en agua, agua intersticial y sedimentos, realizado por Maskaoui, Zhou, Zheng, Hong, & Yu (2005), en la cual establece que los niveles de plaguicidas en agua intersticial fueron significativamente mayores que los de agua superficial, debido a la alta afinidad de estos hidrofóbicos compuestos con la fase sedimentaria. Así mismo, según las investigaciones realizadas por Arvelo & Sojo (2016); Santoyo-Murguía, Ochoa-Estrada, & Ramírez-Jiménez (2014), los contaminantes evaluados presentan mayores afinidades en la fase sedimentaria, que en lugar de un medio acuoso, demostrando que son altamente lipofílicos.

La detección y cuantificación de plaguicidas en las aguas superficiales abarca amplios estudios alrededor del mundo, son ejemplos investigaciones de autores como Marcela Costagliola (2003); Salcedo-Monsalve, Díaz-Criollo, Varona-Uribe, González-Mantilla, &

Rodríguez-Forero (2012); Tobón-Marulanda, López-Giraldo, & Paniagua-Suárez, (2010); y Torres & Capote (2004). En los que analizaron residuos de plaguicidas OC y OF en aguas superficiales, y en algunos casos el análisis lo realizaron adicionalmente en peces, para determinar la calidad del agua y de los organismos en ella para el consumo humano, encontrando mayor cantidad de plaguicidas OC en las matrices evaluadas.

En el orden nacional, Garcés Ordóñez et al., (2015) encontró presencia de Plaguicidas OC y Plaguicidas OF en muestras de agua y sedimentos marino-costeros (Salcedo Monsalve & Melo Trujillo, 2005). Así mismo, se desarrolló un estudio con el fin de abordar los fenómenos que tienen lugar en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) con relación al comportamiento de los residuos de Plaguicidas OC, y señalan que en el sistema acuático de la CGSM la principal forma de remoción de compuestos organoclorados de la columna de agua se realiza por medio de procesos de precipitación-sedimentación (Mauricio Betancourt & Ramírez Triana, 2005).

5.2 Metales pesados

Rosas-Rodríguez (2001), en el estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat, Barcelona; expone que en toda la cuenca del Llobregat sólo tres puntos de muestreo están sensiblemente contaminados por Níquel y Cromo; además las aguas de la cuenca del Llobregat presentan una elevada salinidad con altos valores de conductividad, cloruros y residuo seco. Estos resultados se destacan especialmente después de las explotaciones mineras. De igual forma Guerrero-Pérez, et al., (1988) tomaron muestras superficiales de agua en las costas Cantábrica y Gallega, en las cuales se analizó Cd, Pb, y Zn, encontrándose los valores máximos generalmente en las estaciones más cercanas a la costa y por lo tanto más influenciadas por los vertidos industriales y urbanos.

Buenfil & Flores (2007) realizaron un análisis de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el Río Hondo (México), para el cual se tuvo en cuenta los límites permisibles establecidos por la EPA, de acuerdo a estos, los resultados arrojan concentraciones elevadas para el mercurio, el arsénico y el cadmio; llegando a la conclusión que la sola presencia de dichos metales en el agua es indicador de contaminación y si a nivel de epilimnio las concentraciones son considerables, es de esperarse que a nivel de sedimentos las concentraciones sean mayores.

Además de los estudios mencionados anteriormente, se han realizado diferentes análisis a nivel mundial, referentes a la evaluación de los niveles de metales pesados en aguas superficiales, son ejemplos de esto investigaciones de autores como Caldera, Gutiérrez, & Polanco (2005); Galleguillos, Oyarzún, Maturana, & Oyarzún (2008); Taboada-castro, Diéguez-villar, & Taboada-castro (2002); los resultados demostraron que los metales Cu, Cr, Ni, Pb y V presentaron variabilidad y elevadas concentraciones en aguas y sedimentos; y exponen que las explotaciones mineras son las principales fuentes antropogénicas de estos metales en los diferentes cuerpos de agua.

De igual forma varios autores han mostrado el riesgo de contaminación por metales pesados que se descargan en un cuerpo de agua, tanto por fuentes antropogénicas como naturales, y que se distribuyen entre sedimentos de lecho, sedimentos suspendidos y el agua, pero más del 99% de los oligoelementos se asoció con el sedimento de lecho. Encontrando metales como Zn en la mayoría de los casos, siendo éste el máximo acumulado, seguido de Pb, Cr, Cu, As, Ni y Cd en los diferentes cuerpos de agua evaluados (Fernández, Fern, Cuesta, & Jim, 2000; Gupta, Rai, Ravi, & Sharma, 2009; Islam, Ahmed, & Raknuzzaman, 2015; Lee, Moon, & Moon, 2003; Santos, Alonso, Callejón, & Jiménez, 2002; Smolders, Lock, Velde, Hoyos, & Roelofs, 2003; Yang, Yang, & Zheng, n.d.).

En el ámbito nacional, Campos (1990) evaluó la contaminación por metales pesados (Cd, Zn y Cu) en las aguas superficiales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Al comparar los contenidos de metales entre los diferentes tipos de muestras con los cambios en los contenidos en el material en suspensión y la salinidad, se observó que estos dos parámetros son principalmente los que controlan la biodisponibilidad de los metales.

Edineldo Lans, (2011) evaluó la calidad del Río Sinú, Colombia, mediante la determinación de residuos de metales pesados. Los resultados se compararon con estándares establecidos por la legislación Colombiana, Mexicana y la EPA. En los resultados, el Fe presentó los valores más altos durante el estudio, superando en algunos puntos los valores de referencia establecidos por las normas mencionadas.

5.3 Embalse El Guájaró

Con respecto al embalse El Guájaró, la (CRA, 2014) realizó un diagnóstico inicial para el ordenamiento del mismo, en el cual menciona que la pesca ha disminuido de 1.311 ton/año en 1.984 a 340.3 ton/año en 1.994, por los altos niveles de salinización, sedimentación, contaminación por nitritos, alta conductividad, altas cargas bacteriológicas, fenoles, disminución de la profundidad, aumento de la temperatura, uso de agroquímicos y deforestación de sus orillas; en el monitoreo se estableció que las condiciones del Guájaró, son críticas durante la época de sequía y mejoran sustancialmente durante la época de lluvia, pero estos estudios no generan datos acerca de los niveles de plaguicidas o metales pesados en las aguas del Embalse.

Por su parte Yacomelo (2014) expone que la temporada invernal que afrontó el país entre el año 2010 y 2011 ocasionaron el aumento del caudal del río Magdalena y del embalse del Guájaró, lo que causó la ruptura del canal del dique. Como consecuencia de dicho suceso, se inundaron los municipios más cercanos, ubicados alrededor del Embalse El Guájaró y se

depositaron en los suelos toneladas de sedimentos que traían en suspensión diferentes partículas, entre las que habían cantidades de metales pesados, cadmio, arsénico, mercurio, plomo y cromo, lo cual es sustentado pues se encontraron concentraciones detectables analíticamente de arsénico, plomo, cromo, mercurio y cadmio, en el suelo de todos los municipios analizados, pero no se analizaron estos contaminantes en las aguas del Embalse, aledaño a las zonas afectadas.

6. Marco teórico

6.1 Plaguicidas

La mayoría de la población mundial depende para su abastecimiento de alimentos de tan sólo 15 tipos de cultivos vegetales y siete especies de animales (Loftas, 1995). Aunque se realizan diferentes esfuerzos para conservarlos, las plagas arruinan anualmente cerca del 35% de las cosechas en el mundo. Además, después de obtener las cosechas, los insectos, los microorganismos, los roedores y las aves ocasionan una pérdida adicional de entre un 10 y un 20%, y de esta forma las pérdidas totales, oscilan entre un 40 y un 50%. (Badii & Landeros, 2007). Teniendo en cuenta esto, y la continua necesidad de producir más alimentos para una población que presenta un rápido crecimiento, el uso de compuestos químicos ha tenido un papel fundamental para garantizar la protección y la calidad de los diferentes cultivos (Guerrero-Padilla, Florián-Florián, & Florián-Guerrero, 2013).

El ser humano viene utilizando compuestos químicos desde tiempos muy remotos. La primera etapa de su historia se localiza desde antes de Cristo, en la cual se usaron productos naturales como sal, piretro, tabaco, entre otros (Botello & Rendón-von Osten, 2005). Pero el origen de los plaguicidas se desarrolló en la revolución industrial, la cual trajo consigo repercusiones en la agricultura, puesto que se aumentó la capacidad de producción, almacenamiento, y se necesitó proteger los alimentos en cada etapa del proceso, para conservarlos. Lo que ocasionó, que la industria química propagara en el mercado diferentes sustancias para combatir a las plagas que hacían ineficientes los procesos en la agricultura (Lilia & Albert, 2005).

Es así como la utilización de plaguicidas ha traído beneficios en la producción agrícola a nivel mundial (Guerrero, 2003). No obstante, el uso de ellos en las actividades agrícolas, genera deterioros en suelo, agua, biota y sedimentos, mediante su descarga a sistemas lagunares y mantos freáticos, constituyendo factores de riesgos a ecosistemas terrestres y marinos (Avery, 1995; Cipriano García & Rodríguez, 2012; Rand, 1995).

Éstos serían potencialmente dañinos a la salud humana (Guerrero, 2003), pues muchos de los plaguicidas entran a la cadena trófica del agro-ecosistema acumulándose con el tiempo en aguas superficiales; además, penetran los suelos y entran en el agua subterránea, contaminando el agua no solo para la fauna acuática sino también para la producción de agua potable del hombre. Independientemente del mecanismo por el que se produzca la contaminación del agua, son indudables las consecuencias directas sobre los animales y las personas, debido al consumo directo de agua potencialmente contaminada o simplemente por la ingestión de alimentos vegetales y/o animales previamente afectados (Fernández et al., 2013). Esto se puede explicar, ya que las aguas superficiales pueden contaminarse de forma directa, al realizarse tratamientos en grandes superficies agrícolas o simplemente por arrastre con el agua de riego o de lluvia, de plaguicidas o de suelo contaminado con estos productos (Arístegui-Sierra, 2009; Fernández et al., 2013); dicha escorrentía de plaguicidas da lugar a la contaminación del agua superficial y la biota (Peña & Palacios, 2005); y es así como los plaguicidas son trasladados por el viento hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a miles de millas de distancia; por otro lado, cuando el agua de lluvia se infiltra en el suelo pasando desde su superficie a capas más profundas, puede lavar zonas contaminadas y arrastrar residuos (Arrazcaeta, 2002). De esta forma, las aguas subterráneas pueden verse contaminadas si los plaguicidas se infiltran, ya que pasan a capas profundas del suelo y de estas a los acuíferos

(Cardona, 2003; Criswell, 1999; Fernández et al., 2013). Además, muchos agricultores indebidamente lavan los contenedores y otros medios que utilizan en la aplicación de los plaguicidas en cuerpos de aguas cercanos, ocasionando su contaminación (Palacios, América, Loera, 1983). Una vez en el agua el plaguicida se disuelve, y de esta manera se mueve, y transporta en ella. En este proceso la solubilidad en el agua es clave para el comportamiento de los plaguicidas en ese medio, pues ella influye en la bioconcentración y la adsorción (Ongley, 1997). De esta manera, los plaguicidas logran aparecer en diferentes ecosistemas a través de distintas formas, como se puede observar en la *Figura 1*.



Figura 1. Vías de movimiento de los plaguicidas. Adaptado de “La qualité des eaux à l’état naturel - l’Environnement en Poitou-Charentes” por l’Ore, 2015.

Es por esto que, el uso masivo de plaguicidas deteriora cada vez más la calidad del agua potable, que exigen más tecnologías sofisticadas y el uso de clarificadores, como por ejemplo, metales pesados y otros químicos tóxicos (Lans Ceballos, 2011).

La aplicación de plaguicidas en cantidades excesivas, en formas químicas incorrectas o en momentos inadecuados, puede generar in situ acidificación, incorporación de metales pesados, como se mencionó anteriormente, e incluso incremento de salinidad en zonas de secano. Todo esto, transmitidos a los cauces de agua, generan riesgo de eutrofización acuática (Tarquis et al., 2007).

Los plaguicidas son sustancias químicas tóxicas, destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas, creadas para interferir algún sistema biológico en particular y que carecen de selectividad real. De esta forma afectan simultáneamente, tanto a la «especie blanco» como a otros seres vivos, particularmente al ser humano (Organización Mundial de la Salud, OMS & OPS, 1993); por tanto, la finalidad de los plaguicidas es destruir ciertos organismos vivos.

Arrazcaeta (2002), menciona que la primera generación de plaguicidas, principalmente los compuestos organoclorados, son plaguicidas muy persistentes como el DDT y el dieldrin, pero estos fueron gradualmente remplazados en las décadas de 1960 y 1970 por una segunda generación de plaguicidas; En comparación, estos nuevos agroquímicos, organofosforados y los carbamatos, eran menos tóxicos y se degradaban rápidamente en el ambiente (Lajmanovich et al., 2005). Y finalmente, una tercera generación apareció en el mercado, los piretroides, los cuales se utilizaban a una menor dosis de aplicación (Arrazcaeta, 2002).

Ramírez & Lacasaña (2001), expresan que los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como son la toxicidad aguda, la vida media, la estructura química y su uso. En 1978, la OMS estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto (OMS & OPS, 1993).

La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL50) o de la concentración letal media (CL50). Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo, etc.), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, etc. (López-Carrillo, 1993).

Tabla 1

Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad.

Categoría	Definición	Dosis letal 50 (oral aguda en ratas)	Ejemplos
I	Extremadamente tóxicos	0-5 mg/kg	Paratión, dieldrín
II	Altamente tóxicos	5-50 mg/kg	Eldrín, diclorvos
III	Medianamente tóxicos	50-500 mg/kg	DDT, clordano
IV	Ligeramente tóxicos	Mayor de 500 mg/kg	Malatión.

Nota. Plaguicidas clasificados según su grado de toxicidad. (Extremadamente tóxicos, altamente tóxicos, medianamente tóxicos y ligeramente tóxicos). Adaptado de “Intoxicación Por Organofosforados.” Por Fernández-Daniel, Mancipe, & Fernández, 2010. Revista Med, 18(1), 84–92. Y “Clasificación, Uso, Toxicología Y Medición De La Exposición.” Por Ramírez & Lacasaña, 2001, Arch Prev Riesgos Labor, 4(2), 67–75.

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes (**Tabla 2**).

Tabla 2

Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

Persistencia	Vida media	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo,
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate.
Persistente	De meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín.
Permanentes	Indefinidamente	Productos con mercurio, plomo y arsénico

Nota. Persistencia y vida media de los plaguicidas en el agua. Adaptado de “Clasificación, Uso, Toxicología Y Medición De La Exposición.” Por Ramírez & Lacasaña, 2001. Arch Prev Riesgos Labor, 4(2), 67–75.

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos (Tabla 3).

Tabla 3

Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.

Familia química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrin.
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malation.
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur.
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maned.
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin.
Derivados biperidilos	Cloromequat, diquat, paraquat.
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex.
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap.
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine.
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán.
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio.
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola.

Nota. Según su familia se clasifican los plaguicidas. Adaptado de “Clasificación, Uso, Toxicología Y Medicación De La Exposición.” Por Ramírez & Lacasaña, 2001. Arch Prev Riesgos Labor, 4(2), 67–75.

6.2 Metales Pesados

Según Atkinson, Kassin, & Bux, (1998) los metales pesados constituyen un grupo cercano a los 40 elementos de la Tabla Periódica que tienen una densidad mayor o igual a 5 g/cm³ (Cañizares-Villanueva, 2000).

Algunos metales pesados son esenciales para mantener el metabolismo del cuerpo humano (Zn, Se, Cu). Sin embargo, a concentraciones más altas pueden conducir a toxicidad. Otros, en cambio (Cd, Hg, Pb) son extremadamente tóxicos, incluso en muy bajas cantidades (Llugany, Tolrà, Poschrieder, & Barceló, 2007). El envenenamiento por metales pesados podría resultar,

por ejemplo, de la contaminación del agua potable (tuberías de plomo), las altas concentraciones en el aire cerca de las fuentes de emisión o producto, vía la cadena alimenticia (Kabata-Pendias, 2000). Los metales pesados pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de agua por medio de residuos industriales que son vertidos sin previos tratamientos, estos contaminantes son descargados en la atmósfera y en los ambientes acuáticos y terrestres, principalmente como solutos o partículas y pueden alcanzar concentraciones elevadas, especialmente cerca del sitio de descarga (Méndez et al., 2009). De esta forma, la contaminación del ambiente con metales tóxicos surge como resultado de actividades humanas, principalmente industriales, sin embargo, fuentes como la agricultura y la eliminación de residuos también contribuyen.

Debido a su movilidad en los ecosistemas acuáticos naturales y a su toxicidad para las formas superiores de vida, los iones de metales pesados presentes en los abastecimientos de aguas superficiales y subterráneos, se les ha dado prioridad como los contaminantes inorgánicos más importantes en el ambiente. Aun cuando se encuentren presentes en cantidades bajas e indetectables (Cuizano, Reyes, Domínguez, & Llanos, 2010)

El destino y la ecotoxicología de los metales pesados en sistemas acuáticos dependen de varios aspectos fisicoquímicos y biológicos (Caldera et al., 2005). La topografía, hidrología, biología y geología de las cuencas, así como los niveles de precipitación y el clima de la región determinan el amplio rango de condiciones químicas del agua. Además, la actividad humana puede agregar considerable cantidad de compuestos contaminantes que influirán en los sistemas acuáticos existente (Gundersen & Steinnes, 2003).

Según Mancera-Rodríguez & Álvarez-León (2006), los metales pesados agrupan sustancias como cadmio y mercurio, principales contaminantes dentro de este grupo de sustancias, además de otras como cromo, cobalto, cobre, molibdeno, níquel, plomo, estaño,

titanio, vanadio, zinc o plata. De acuerdo a Mancilla Villa et al., (2012), estos metales resultan peligrosos por su carácter no biodegradable, la toxicidad y su biodisponibilidad, además Caldera et al., (2005) explica que debido a esto los seres vivos no son capaces de metabolizarlos, generándose una contaminación por bioacumulación y un efecto multiplicador en la concentración del contaminante en la cadena trófica alcanzando niveles altos de toxicidad.

Tabla 4

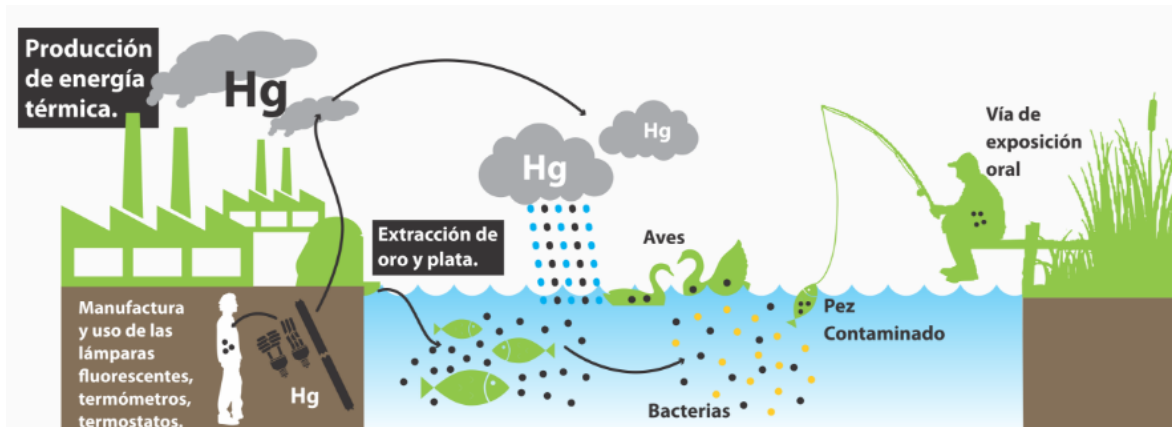
Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos.

Categoría	Nivel máximo (mg/kg)	Metal
Altamente tóxico	10	Cadmio, Mercurio, Selenio.
Tóxico	40	Bario, Cobalto, Cobre, Plomo.
Moderadamente tóxico	400	Antimonio, Arsénico, Yodo, Níquel.

Nota. Adaptado de “Association of American Feed Control Officials.” Por AAFCO, 1996. Official Publication. p: 230. American Academy of Pediatrics (1996) Pediatrics 97(3): 413-416.

El aumento en la contaminación del medio ambiente como resultado de la creciente utilización de metales pesados, tales como cadmio, mercurio, plomo, cromo, níquel, en procesos industriales es motivo de gran preocupación, debido a que estos metales son transportados en los efluentes a los ambientes acuáticos, acumulándose en los ecosistemas (Basso, Cerrella, & Cukierman, 2002). Como se puede observar en la *Figura 2*.

Figura 2. Vías de movimiento de los metales (mercurio, Hg). Adaptado de “El ciclo del mercurio” por Relamex, nd.



Los metales pesados presentan toxicidad según el tipo de exposición, teniendo de esta forma una exposición aguda a través de agua de consumo humano, alimentos o exposición ocupacional, presentando síndrome gastrointestinal agudo, disfunción renal y neurotoxicidad; o una exposición prolongada a través de agua de consumo humano, por vía aérea o por contacto con suelos contaminados, relacionándose con el desarrollo de distintos tipos de cáncer, hiper e hipopigmentación, inflamación crónica de las vías respiratorias, insuficiencia renal, dermatitis, síntomas neurológicos, daño reproductivo y aborto espontáneo (De los Ríos, 2008).

La toxicidad aguda varía notablemente según el compuesto, dependiendo de su valencia y solubilidad en los medios biológicos. Los compuestos trivalentes solubles son los más tóxicos. Es la toxicidad por exposición prolongada. La inhalación de compuestos de metales en concentraciones altas.

La estimación de las concentraciones naturales y de los aportes antropogénicos de los metales pesados permite evaluar el nivel en que se encuentra afectada una zona. Para tal propósito es necesario analizar tanto la columna de agua, como los sedimentos y los organismos, especialmente aquellos de hábitos bentónicos y filtradores los cuales han sido extensamente empleados como indicadores de contaminación (Villanueva & Alfonso, 1992).

6.3 Sistemas de información Geográfica SIG

De análisis como los descritos anteriormente, es posible obtener información o datos cartográficos, que en muchos casos carece de una estructura sistémica para su procesamiento, almacenamiento y consecuente difusión, lo que no permite aprovechar los resultados, convirtiendo la información generada en documentos “estáticos” que no aportan plenamente a la gestión de estos. Para García-Ruiz & Otálvaro-Arango (2009) una alternativa que permita estructurar sistemáticamente la información cartográfica, es la implementación de Modelos de Datos asociados a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales según Conesa-García (1996) ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y procesar información de tipo digital.

Es por esto que en los últimos años se han venido utilizando herramientas que contribuyen en la toma de mejores decisiones, al tiempo de brindar soluciones de corto plazo a través del diseño de estrategias para proteger la calidad de los cuerpos de agua (Cardona, 2003). En el caso de las aguas superficiales, el uso de un SIG cada vez se hace más frecuente para evaluar la tendencia, así como el seguimiento y monitoreo de impactos de los variados usos del suelo sobre la calidad del agua en una cuenca, especialmente la contaminación por fuentes puntuales (Karimipour & Delavar, 2005). Comúnmente se emplea un SIG, debido a que facilita la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, (Menco & Caceres, 2016; Vera-Morales & Gutiérrez-López, 2012).

Esta herramienta prueba ser versátil y eficaz para realizar análisis espaciales de problemas ambientales vinculados a contaminación de aguas superficiales. Cardona, (2003) menciona que en cuanto al uso de SIG en la evaluación de fuentes no localizadas de contaminación, se han

realizado estudios con el objetivo de determinar tasas de escorrentía en cuencas hidrográficas mediante el uso de SIG, por medio del análisis espacial de variables biofísicas tales como densidad de vegetación, pendientes, permeabilidad del suelo, geología y precipitación dentro de la cuenca, y esta metodología demostró ser un proyecto viable para medir el riesgo potencial de contaminación por plaguicidas y sedimentos asociados a escorrentía.

7. Metodología

7.1 Descripción del área de estudio

El Embalse El Guájaro está ubicado al sur del Departamento del Atlántico, rodeado por los municipios Luruaco, Repelón, Manatí y Sabanalarga (*Figura 3*). Específicamente entre los meridianos $75^{\circ}15'11.20''$ - $74^{\circ}54'13.28''$ con longitudes Oeste y los paralelos $10^{\circ}46'51.19''$ - $10^{\circ}24'06.75''$ de latitud Norte (Alcaldía de Repelón - Atlántico., n.d.; Carrillo-Sarmiento, 2015; Corporación Autónoma Regional del Atlántico, 2014; Quintero-Navarro, 2012).

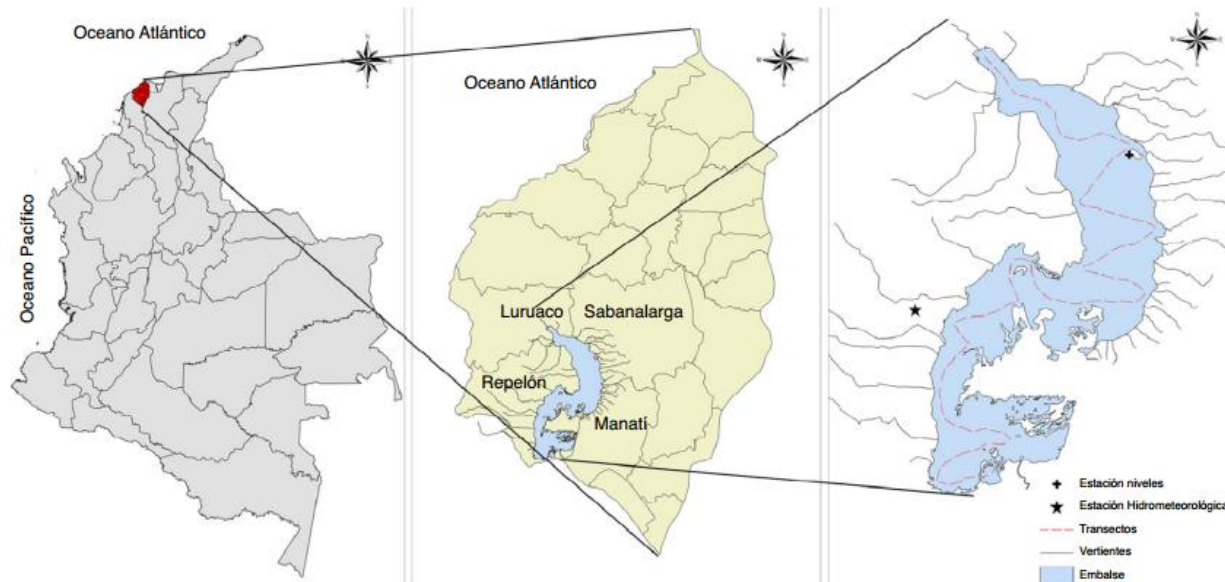


Figura 3. Área de estudio, Embalse El Guájaro. Adaptado de “La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro, Colombia.” Por F. Torres-Bejarano, J. Padilla Coba, C. Rodríguez Cuevas, H. Ramírez León y R. Cantero Rodelo. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.*

7.2 Recolección de información directa

El desarrollo y aplicación de la prueba piloto a través de encuestas como medio de recolección de información directa, fue la primera fase para la ejecución de todo el proceso de determinación de plaguicidas en las aguas superficiales del Embalse El Guájaro, éstas

permitieron la identificación de los diferentes tipos, frecuencia y cantidad de aplicación de plaguicidas utilizados en el distrito de Riego Repelón.

El instrumento de medición consistió en preguntas abiertas y cerradas dirigidas a los agricultores del distrito de riego de Repelón, Atlántico. Las preguntas iban desde recolección de información básica del agricultor como su nombre, edad y grado de escolaridad; hasta preguntas sobre sus cultivos, el uso y aplicación de plaguicidas, por ejemplo, cuáles son los plaguicidas que frecuenta usar, cuánto tiempo lleva aplicándolos, etc. (Ver Anexo a).

La población total para la aplicación y análisis de este estudio fue de 37 individuos, de los cuales un 100% de ellos corresponden al sexo masculino y son agricultores del Distrito de riego de Repelón, Atlántico.

7.3 Toma de muestras



Figura 4. Estaciones de Muestreo en el Embalse el Guájaro, Atlántico. Por K. Scaldaferrero-Ruíz, L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Para realizar la evaluación de los niveles de concentración de plaguicidas y metales pesados sobre las aguas del Embalse el Guájaro, Atlántico, se programó inicialmente una toma de muestras exploratoria en el mes de octubre en dos estaciones del embalse (6 y 7) con el fin de detectar concentraciones de los contaminantes mencionados anteriormente. En la segunda campaña se evaluaron seis estaciones (1-6), esta con la finalidad de efectuar un análisis de la posible concentración de los elementos detectados esta realizó en el mes de diciembre del mismo año. Las coordenadas correspondientes a las estaciones de muestreo se encuentran en la **Tabla 5**

Tabla 5

Coordenadas geográficas y Magna Sirgas de las estaciones de muestreo.

Estaciones de Muestreo	Coordenadas Geográficas Datum Bogotá		Coordenadas Magna Sirgas	
	Longitud	Latitud	Easting	Northing
E1	-75.05575W	10.59188N	892935.79	1663257.11
E2	-75.03533W	10.56717N	895162.39	1660516.62
E3	-75.02689W	10.54002N	896077.12	1657510.33
E4	-75.02852W	10.51050N	895888.82	1654245.21
E5	-75.04597W	10.51409N	893979.65	1654648.18
E6	-75.09613W	10.49685N	888482.09	1652758.29
E7	-75.11143W	10.46170N	886794.24	1648875.18

Nota. Estaciones analizadas durante la campaña de muestreo con sus respectivas coordenadas. L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

7.3.1 Plaguicidas.

Se colectaron en cada estación muestras de agua en botellas Ámbar de 1L, envases que fueron preparados según lo estipulado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, (2003) y Trujillo-Ramirez, (2006). La matriz fue agregada a las botellas llenándolas en su totalidad, se selló la boca con una capa de papel aluminio y tapa para evitar su posible contaminación. Las muestras, fueron conservadas en hielo durante el transporte y almacenadas a aproximadamente 4°C

7.3.2 Metales pesados.

En cuanto el análisis de metales pesados, se emplearon botellas de plástico de 1L para la toma de muestras, remojadas en 10% de ácido nítrico durante 24 horas y enjuagadas con agua desionizada de acuerdo con lo plateado por Australian and New Zealand And Conservation Environment Council. & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand., (2000). A las muestras de agua se les adicionó ácido nítrico hasta obtener un pH menor a dos, lo anterior de acuerdo con los instructivos TI0187 Instructivo de Muestreo de Agua Residual, TI0347 Instructivo de Muestreo Agua Superficial Contaminada y TI0207 Instructivo muestras análisis fisicoquímicos aguas superficiales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2004). Las muestras, fueron conservadas en hielo durante el transporte y almacenadas a aproximadamente 4°C.

7.3.3 Parámetros físico-químicos.

Adicionalmente, se midieron muestras *in situ* de parámetros físico-químicos en las diferentes estaciones de muestreo sobre las aguas superficiales del embalse El Guájaro. Los parámetros medidos fueron salinidad, temperatura, Oxígeno Disuelto, pH y conductividad; medidos a través de un multiparámetro YSI modelo 556 MPS. Por su parte los datos de batimetría y las coordenadas geográficas se obtuvieron con una ecosonda batimétrica GPS 440s marca Garmin

7.4 Procedimientos de laboratorio

Los análisis de plaguicidas y de metales pesados fueron realizados por el “Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental de la Universidad de Córdoba”. Laboratorio que se basó en las técnicas descritas en el Standard Methods EPA 3535A, EPA 3550C y EPA 1660C y SM 3112 C, SM 3111 B, SM 3111 C y SM 3030 E, para plaguicidas y metales pesados respectivamente. El

equipo de Absorción atómica con horno de grafito ICE3500 Thermo Scientific fue el utilizado para llevar a cabo la identificación de metales pesados en las muestras de agua, mientras que para el análisis de plaguicidas organoclorados fue el GC-MS trace 1310-ISQ Thermo Scientific; finalmente para clorpirifos y cipermetrina se usó el equipo UHPLC – DAD ultimate 3000 Thermo – Dionex.

7.5 Distribución espacial

Se realizó mediante un SIG. Por cuanto, se delimitó el embalse el Guájaro por medio de un polígono en Google Earth®, contorno que contiene valores de longitud, latitud, altitud y mediante el software 3D Route Builder Plus se exportaron en formato XYZ para más tarde ser convertidos al sistema de coordenadas Magna-Sirgas utilizando el software Franson Coordtrans v2.3. Finalmente se empleó el método Distancia Inversa Ponderada (*IDW* por sus siglas en inglés), que forma parte del set de herramientas de Spatial Analysis tools del Arctoolbox en la herramienta ArcMap v10.1.

8. Resultados

8.1 Recolección de información directa

El desarrollo y aplicación del instrumento de recolección directa (encuestas), permitió la identificación del uso, frecuencia y los diferentes tipos de plaguicidas utilizados en el distrito de Riego Repelón. En relación con la edad de los agricultores encuestados, esta oscila desde los 39 hasta los 86 años con un promedio de edad de 63 años.

Cuando se les preguntó acerca del uso de plaguicidas, 35 de los individuos (95%) aseguraron usar o tener contacto actualmente con estas sustancias para el cuidado de sus cultivos, uno de los individuos manifestó alternar el uso de plaguicidas con productos orgánicos y sólo uno de los agricultores afirmó no aplicar plaguicidas a sus cultivos, reemplazándolo con productos completamente orgánicos. Se encontró que el plaguicida empleado con mayor frecuencia fue el Lorsban 4E – Clorpirifos- empleado por 22 de las personas encuestadas, representando así un (59%), seguido por Glifosato – Glifosato- (7 personas, 19%) y Manzate – Mancozeb- (6 personas, 16%). Los datos correspondientes se presentan en la **Tabla 6**.

Tabla 6

Plaguicidas empleados en los seis meses previos al estudio.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	# de Personas que manipulan el Producto	Proporción
Cipermetrina	Cipermetrina	2	3%
Endrin	Endrin	1	2%
Glifosato	Glifosato	7	11%
Gramoxone	Paraquat	3	5%
Gusathion	azinfos-etil	2	3%
Imidacloprid	imidacloprid	1	2%
Amina	2,4 D amina	2	3%
Lannate	Metomil	1	2%

Lorsban 4E	Clorpirifos	22	35%
Malathion	Malatión	3	5%
Mancozeb	Mancozeb	1	2%
Manzate	Mancozeb	6	10%
Oxicloruro de Cobre	Oxicloruro de Cobre	1	2%
Parathion	Metil Patathion	2	3%
Ráfaga 4EC	Clorpirifos	1	2%
Tamaron	Metamidofos	1	2%
Thiodan	Endosulfan	2	3%
Tordon	Picloram + 2,4 D	1	2%
Orgánico	Microrganismos	3	5%
No responde		1	2%

Nota. Ingrediente activo de: Nufarm, n.d.; Paredes Rosero, Alvarado, Bernal Contreras, & Chamorro Rocha, 2002; Pesticide Action Network, 2005; Universidad Nacional de Costa Rica, n.d. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

De los 19 productos que fueron referidos por los agricultores como los usados en los meses previos al estudio, 11 corresponden a insecticidas, 4 a herbicidas y 3 a fungicidas.

Se le preguntó a los agricultores cuánto tiempo llevaban aplicando plaguicidas en la zona, 19 de ellos (51%) tenían más de 10 años en esta práctica, mientras que sólo 3 de los individuos (8%) manifestaron tener menos de 1 año aplicando plaguicidas.

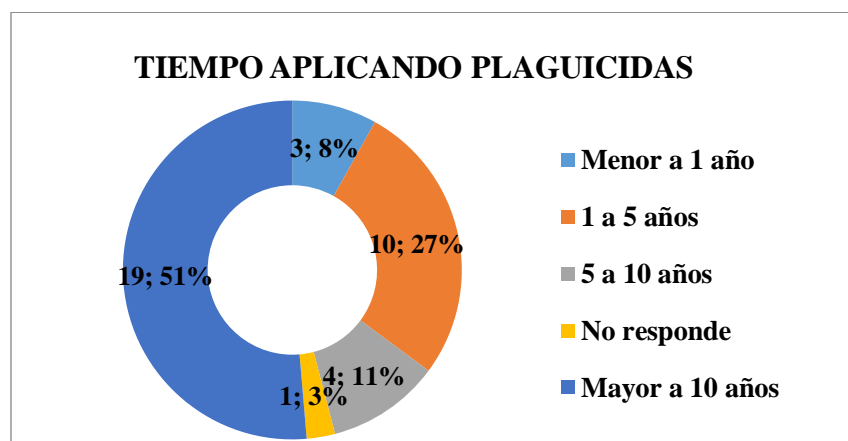


Figura 5. Tiempo de aplicación de plaguicidas. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

De igual manera, se les preguntó cuál fue la fecha de su última cosecha, a lo que el 54% (20 individuos) respondieron que había sido entre el periodo del 2015 – 2016, siendo estas las fechas más recientes. Lo contrario sucedió con otro 24% (9 individuos) que aseguraron tener su última cosecha entre los periodos de 2010 y 2012, siendo estas las fechas más antiguas.

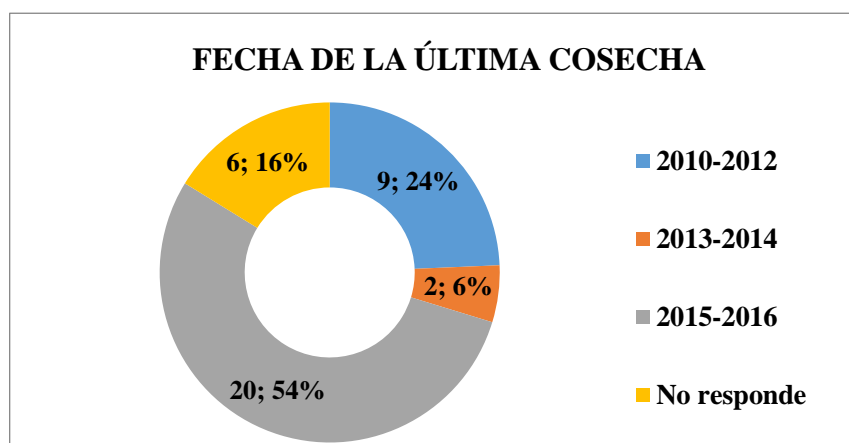


Figura 6. Fecha de la última cosecha. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

También se evaluó la disposición del plaguicida sobrante, un 81% de los encuestados (30 individuos) almacena los plaguicidas sobrantes, un 11% (4 individuos) le da otro tipo de disposición, otro 5% (2 individuos) no respondió la pregunta y un 3% (1 individuo) no aplicaba plaguicidas. Así mismo, se interrogó sobre la disposición de los envases vacíos, 13 individuos (32%) queman estos envases, 10 agricultores (25%) afirmaron enterrarlos, 6 de ellos (15%) los entregan al personal de aseo, otros 5 (13%) reciclan estos envases, 4 de los encuestados (10%) le da otro tipo de disposición y un individuo (3%) no aplica plaguicidas.

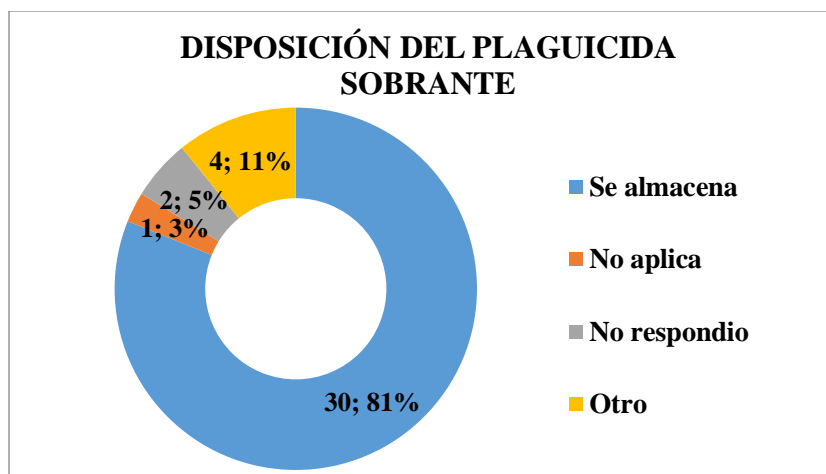


Figura 7. Disposición del plaguicida sobrante. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

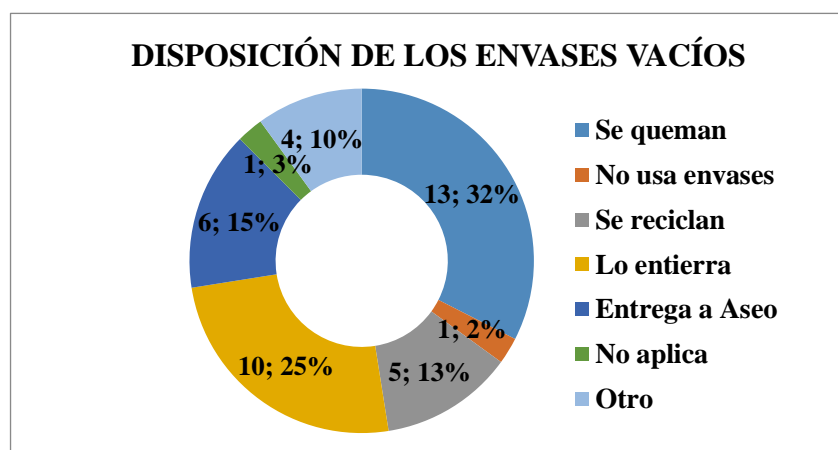


Figura 8. Disposición de los envases de plaguicidas vacíos. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

8.2 Toma de muestras

Una vez desarrollada la recolección de muestras en la toma de muestras exploratoria para el mes de Octubre (CO) y los muestreos realizados en el mes de Diciembre (CD), se realizaron los respectivos procesos en los laboratorios para la detección y cuantificación de los niveles de

concentración de los plaguicidas OC y OF junto con el análisis de metales pesados, con lo que se obtuvieron los resultados descritos en el Anexo C para plaguicidas OC y OF, y para metales pesados. Cabe destacar que no se detectó presencia de los **plaguicidas** evaluados (Ver Anexo c) en ninguna de las muestras de agua, tanto para la CO como para la CD, bajo los límites de detección del laboratorio que se encargó del análisis de estos, los cuales fueron de 5,0 µg/L para OF y 10,0 µg/L para OC.

8.3 Distribución espacial

8.3.1 Parámetros físicos – químicos.

En este trabajo se determinaron simultáneamente el muestreo de agua y los parámetros físico-químicos en las estaciones 6 y 7 para el mes de octubre y en las estaciones 1-6 en el mes de diciembre. Los parámetros evaluados in situ fueron: Batimetría, Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Salinidad y Conductividad.

Tabla 7

Parámetros de calidad del agua in situ.

		PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA IN SITU							
MUESTREOS		OCTUBRE (CO)		DICIEMBRE (CD)					
ESTACIONES		E6	E7	E1	E2	E3	E4	E5	E6
PARÁMETRO	Batimetría (m)	2,47	2,25	4	4	3,54	2,49	3,82	3,65
	Temperatura (°C)	32,42	33,60	30,01	29,79	29,92	30,03	30,34	29,86
	pH	7,98	7,64	8,88	8,69	8,887	8,15	8,26	7,83
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,85	7,93	4,12	2,74	4,83	1,76	2,86	2,58
	Salinidad (ppt)	0,11	0,08	0,55	0,52	0,51	0,17	0,14	0,13
	Conductividad (mS/cm)	0,247	0,172	1,117	1,063	1,063	0,353	0,305	0,278

Nota. Parámetros fisicoquímicos tomados durante la toma de muestras. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Para el mes de Octubre, la **Batimetría** reveló valores de 2.25 m a 2.47 m. Para el mes de Diciembre los valores varían desde 2.49 m hasta 4.0 m.

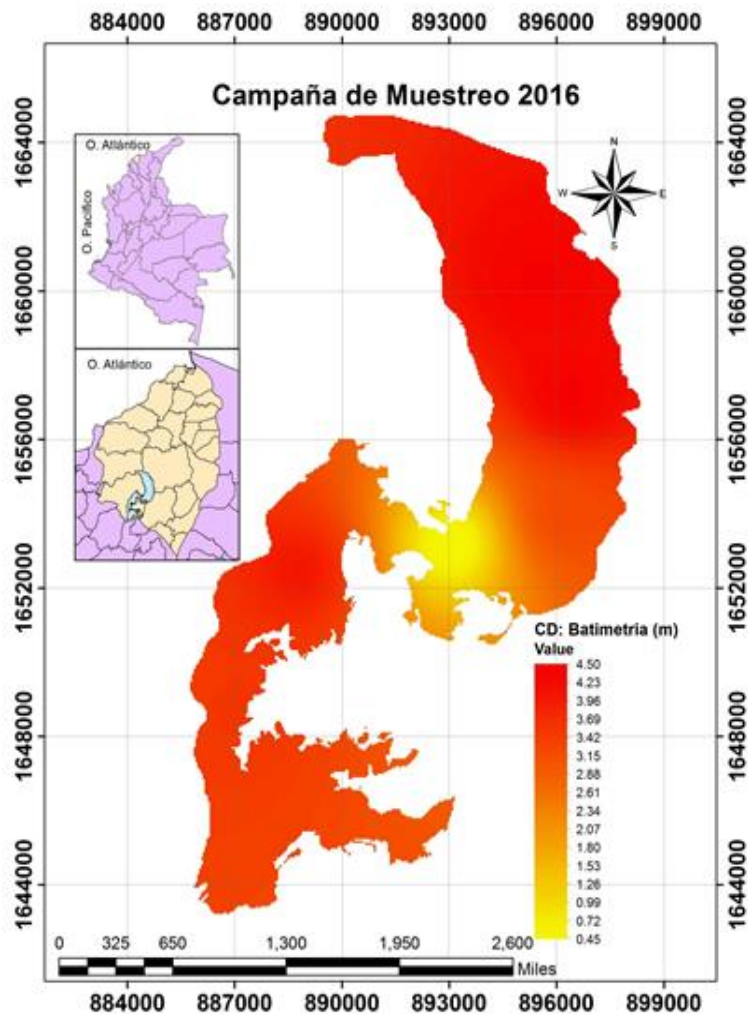


Figura 9. Batimetría en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferró-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Con respecto a la *temperatura*, en la CO, se registraron valores de 32.42°C a 33.60°C; mientras que en la CD, se obtuvieron valores de 29.86° a 30.34°.

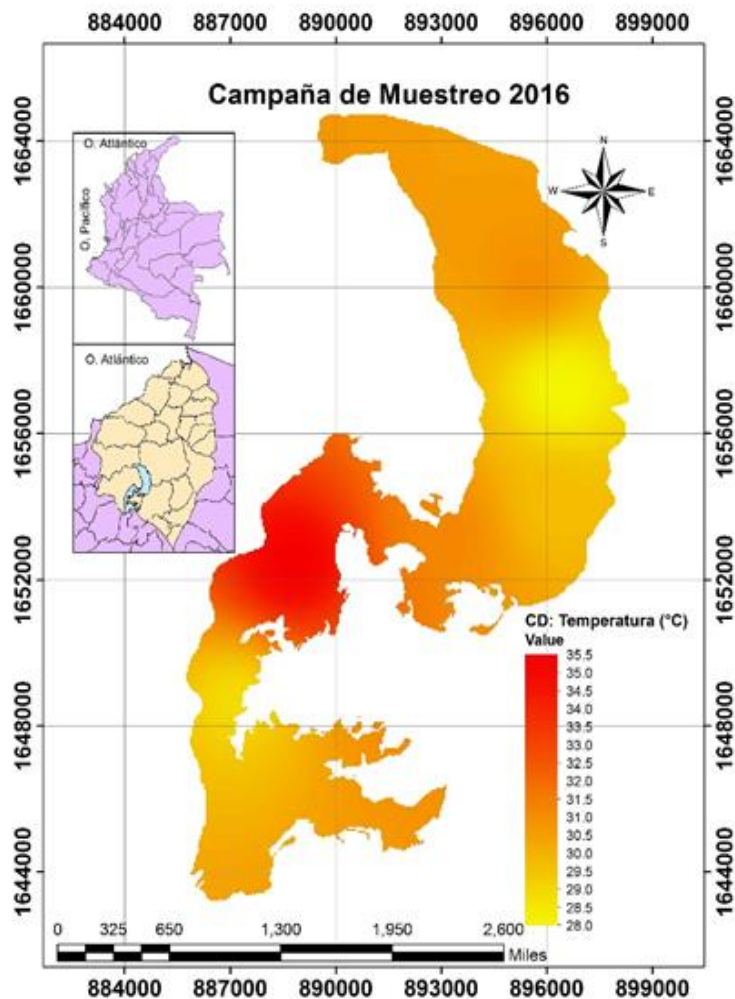


Figura 10. Distribución de la Temperatura en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Los resultados del pH para la (CO), mostraron que el cuerpo de agua se mantuvo en un rango de 7.64 y 7.98. Para la (CD), se observa que se mantuvo un rango de 7.83 y 8.88.

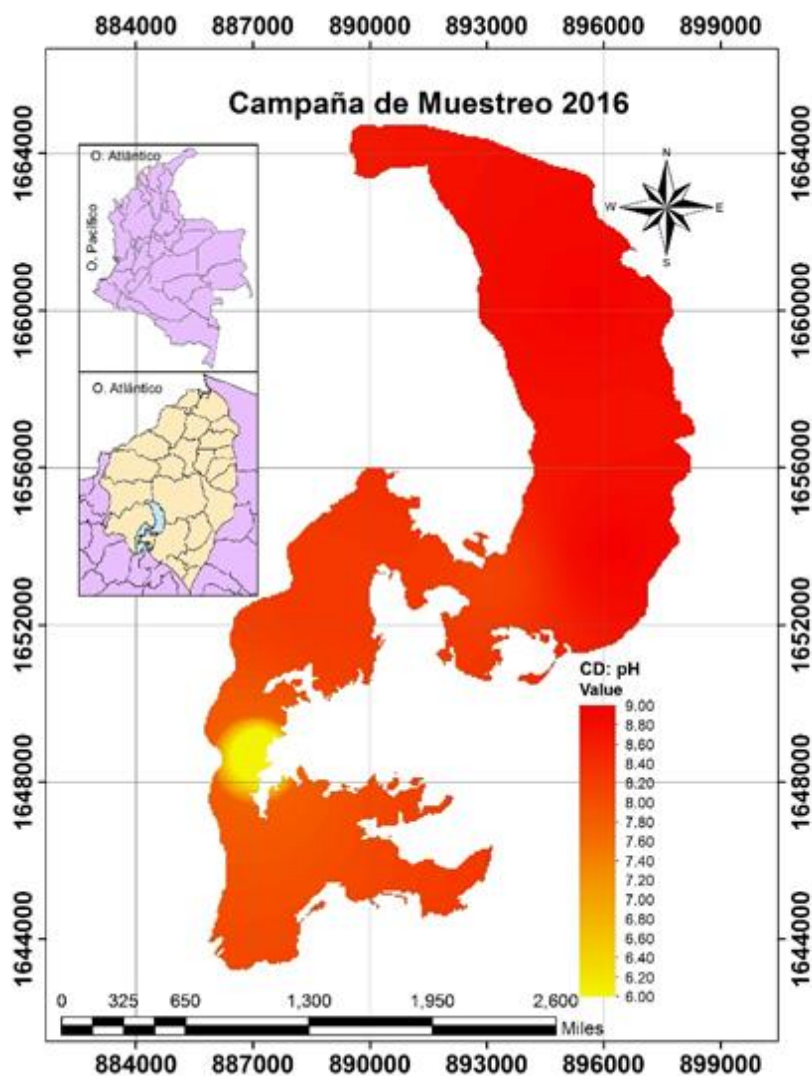


Figura 11. Distribución del pH en el Embalse para la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Para el Oxígeno Disuelto se presentaron valores de 1.038 a 1.048 ppm CO, mientras que en CD se obtuvieron valores de 1.76 a 4.83 ppm.

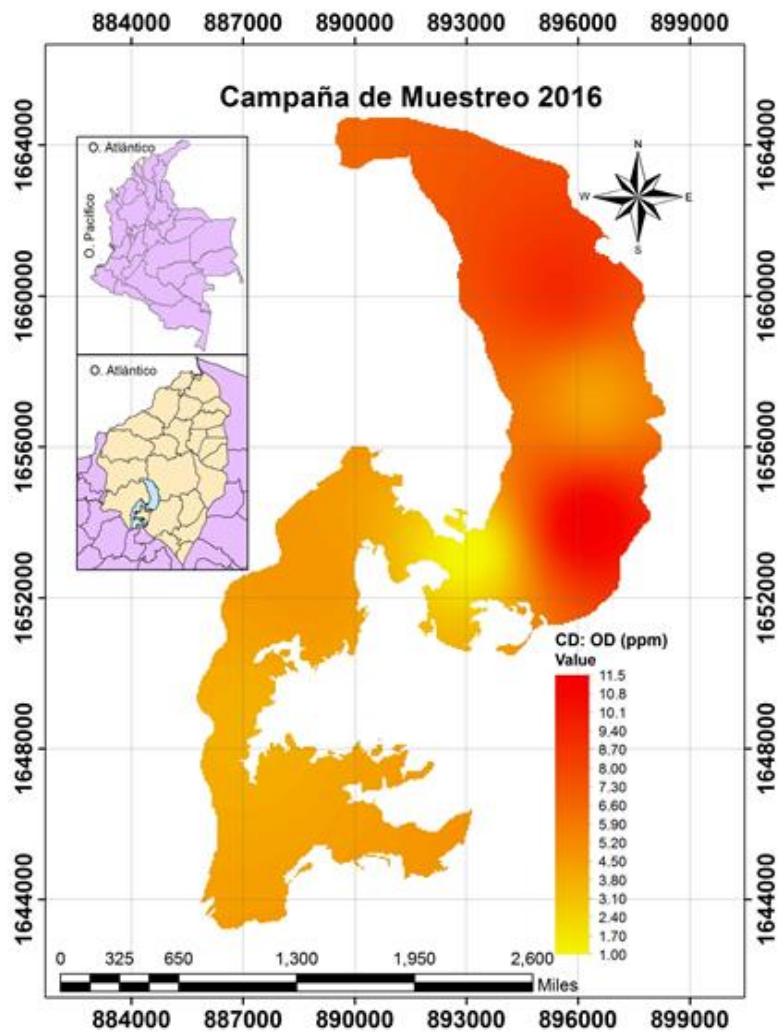


Figura 12. Distribución del Oxígeno Disuelto en el Embalse, en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

La conductividad presentó un rango de concentración de 0.172 a 0.247 mS/cm para el mes de octubre (CO). Durante el mes de diciembre (CD) el rango fue de 0.278 a 1.117 mS/cm.

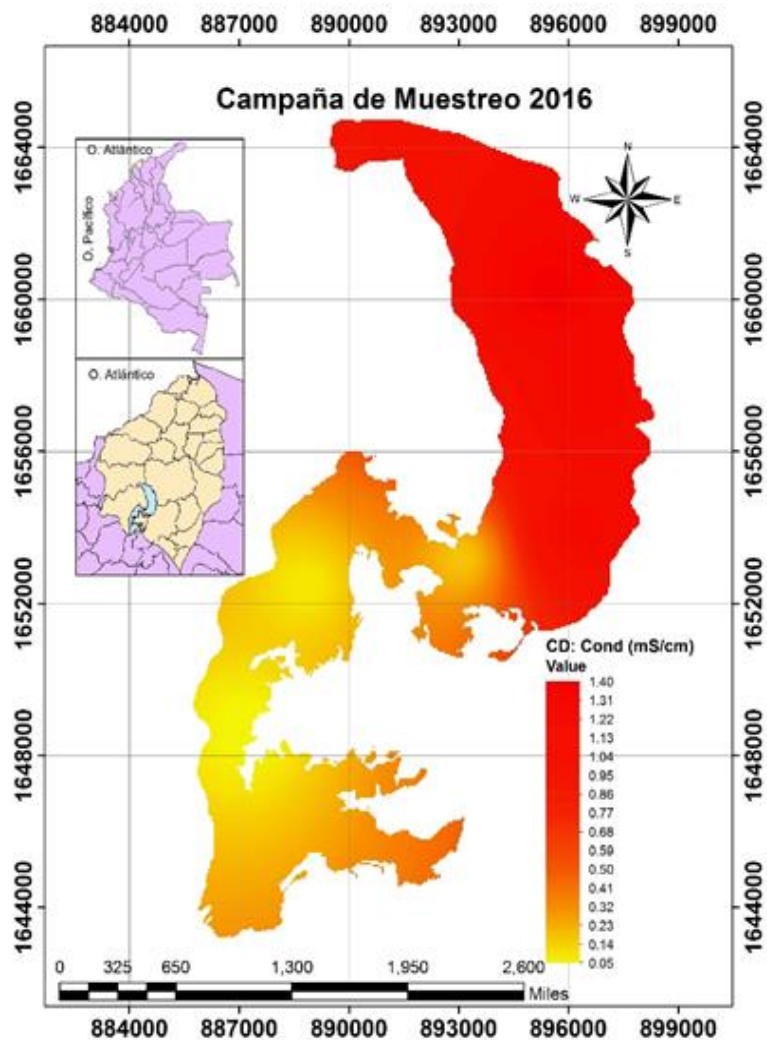


Figura 13. Distribución de la Conductividad en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Por último, la Salinidad tuvo una variación de 0.08 a 0.11 ppt en la CO, mientras que en la CD la variación fue de 0.13 a 0.55 ppt.

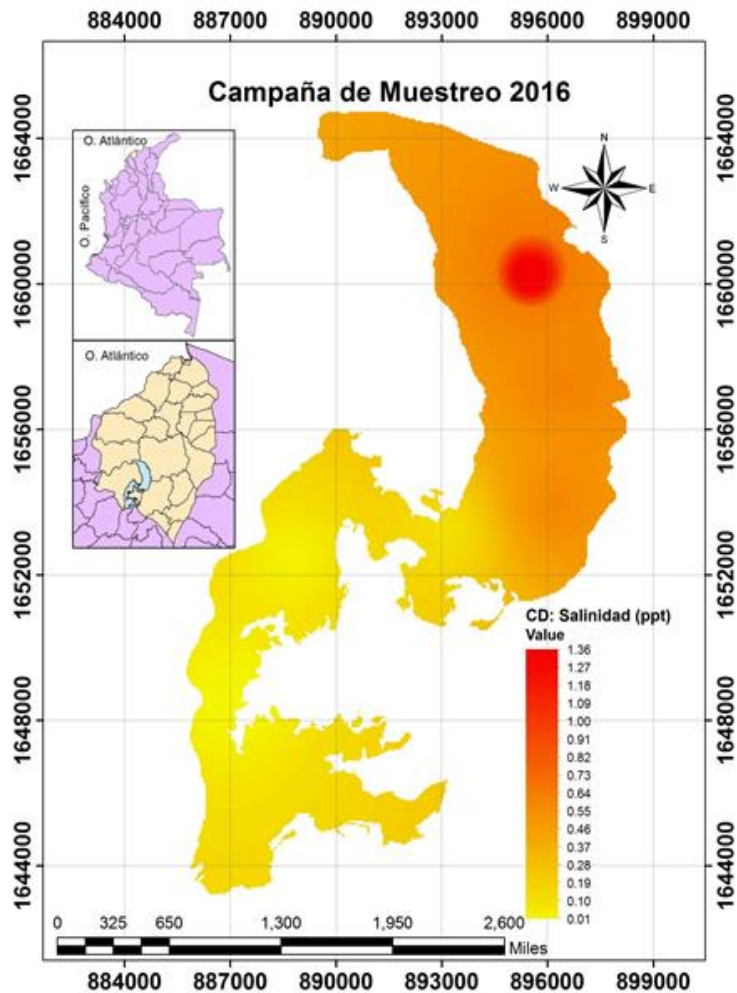


Figura 14. Distribución de la Salinidad en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferro-Ruíz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

8.3.2 Metales pesados.

Durante la primera campaña de muestreo CO sólo se evaluaron las estaciones 6 y 7, en la cual se detectó presencia de Hg, mientras que en la segunda CD, se detectaron valores para Hg, Cd, Pb y Zn. La representación de estos resultados obtenidos (*Tabla 8*), se realizó por medio de mapas.

Tabla 8

Concentraciones de metales pesados en las Aguas del Embalse El Guájaro.

METALES PESADOS ($\mu\text{g/L}$) EN LA MATRIZ DE AGUA									
MUESTREOS		OCTUBRE		DICIEMBRE					
ESTACIONES		E6	E7	E1	E2	E3	E4	E5	E6
METALES	Mercurio	2,5	1,12	1,50	2,15	1,10	0,57	0,75	0,45
	Plomo	<L.D	<L.D	1,11	1,23	1,29	19,90	7,62	13,37
	Zinc	<L.D	<L.D	<L.D	0,14	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	Cromo	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	Níquel	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	Cadmio	<L.D	<L.D	0,46	0,32	9,06	8,68	3,41	3,31

Nota. Resultados del análisis de metales pesados. <L.D: menor al límite de detección. Por L. Blanco-Pinto. & M. Benitez-Mojica, 2016.

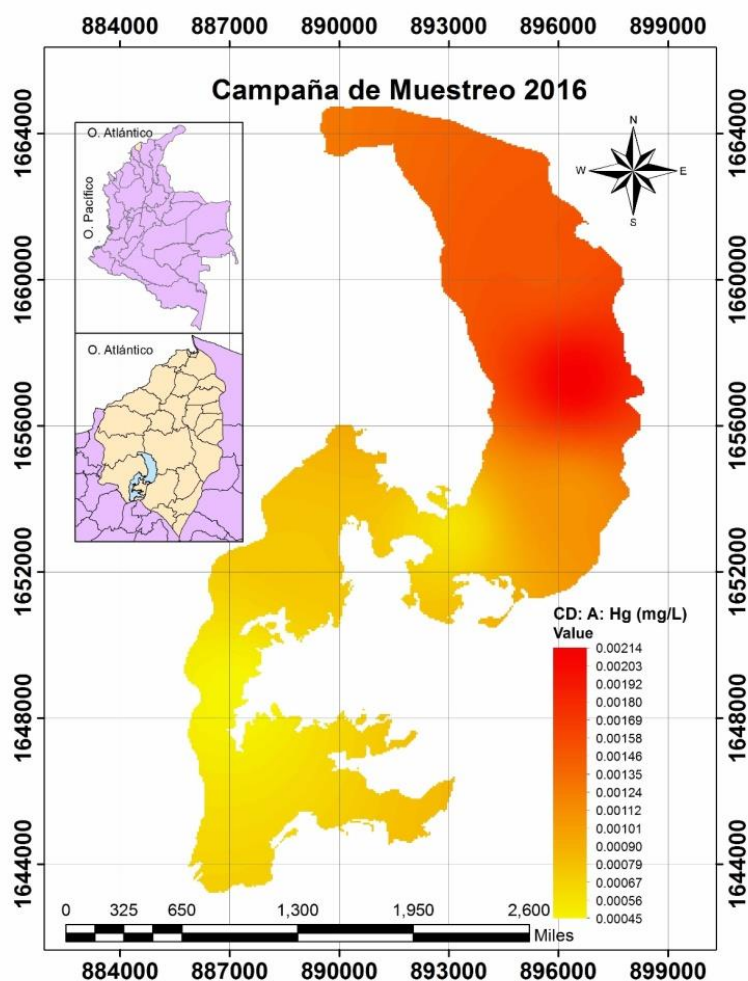


Figura 15. Distribución de Mercurio en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruíz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

En los resultados obtenidos del muestreo realizado en el mes de Octubre, se detectaron únicamente valores de Mercurio (Hg) en las estaciones 6 y 7 con concentraciones de 0,0025 y 0,0011 mg/l respectivamente. El Mercurio también fue detectado en todas las estaciones evaluadas durante el mes de Diciembre, se encontraron valores que van de 0,00045 a 0,00215 mg/L. Tal como se puede observar en el mapa, la parte superior del embalse tiene una coloración más rojiza representando las concentraciones más altas (E1, E2, y E3).

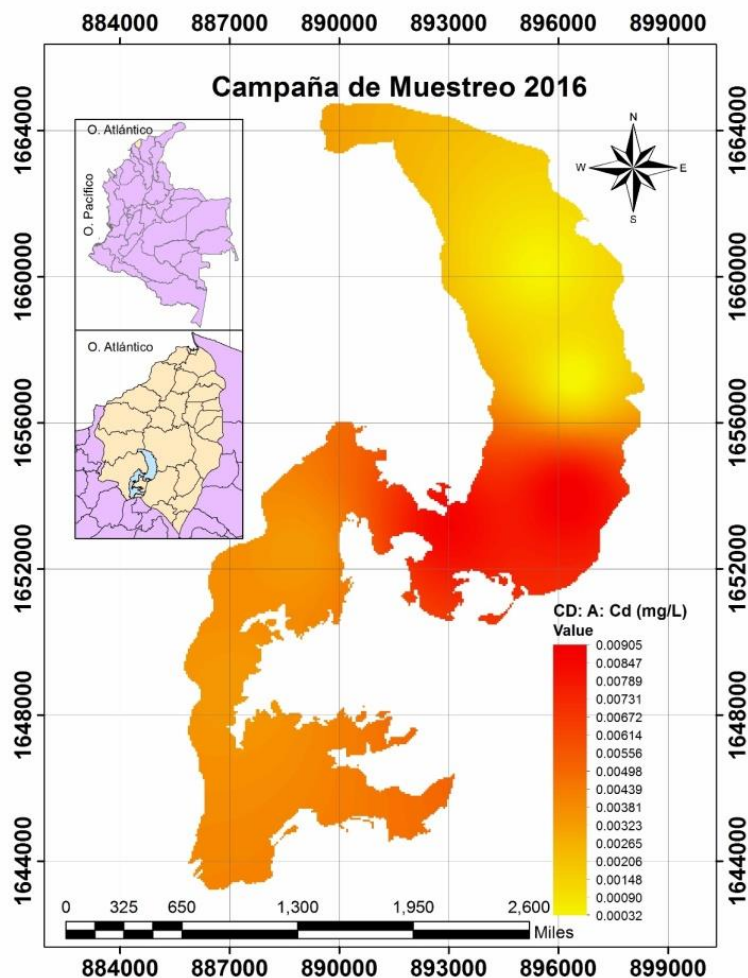


Figura 16. Distribución de Cadmio en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Durante la segunda campaña realizada en el mes de diciembre, se detectaron valores para Hg, Cd, Pb y Zn. En el caso del Cadmio, se encontró presencia de este en todas las estaciones evaluadas con concentraciones que van desde 0,00032 a 0,00906 mg/L. En las estaciones 3 y 4 se hallaron los valores más altos con 0,00906 y 0,00868 mg/L respectivamente, tal y como se observa en el mapa; en el centro del embalse la coloración se vuelve más intensa representando a las dos estaciones con mayor concentración.

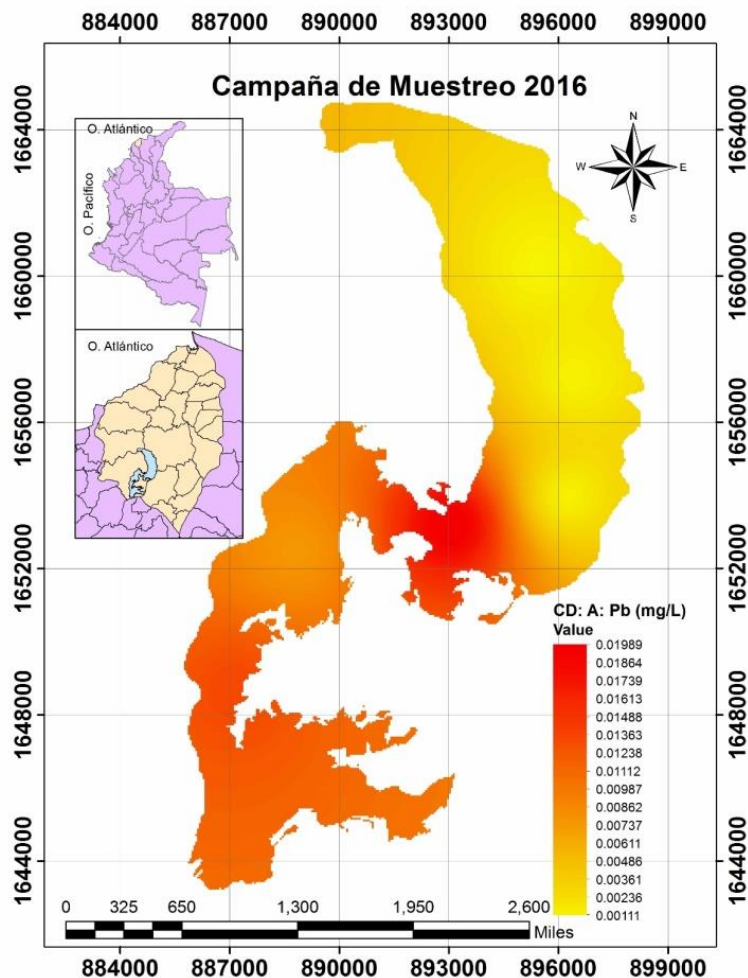


Figura 17. Distribución de Plomo en el Embalse en la CD. Elaborado en ArcGIS Por K. Scaldaferro-Ruiz., L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Se halló la presencia de Plomo, se reportó para todas las estaciones con valores que van desde 0,00111 a 0,0199 mg/L, siendo este último la concentración más alta correspondiente a la estación 4, así como lo indica la *Figura 17*.

Con respecto al Zinc, solo se detectaron niveles de concentración en la estación 2 con un valor de 0,14 mg/L. Dado que solo se detectó en una estación y que su valor es muy pequeño, este no se representó un mapa.

8.4 Comparación con la norma

Teniendo en cuenta los niveles de metales pesados en el Embalse y normativas nacionales e internacionales: decreto 1594 (1984), la norma técnica Colombiana NTC 813 y OMS (2006) se realiza una comparación con respecto a los diferentes usos del agua y sus respectivos límites permisibles para metales pesados.

Tabla 9

Límites permisibles de metales pesados según normativas.

LIMITES PERMISIBLES DE METALES PESADOS EN LA MATRIZ AGUA (mg/L)				
Parámetro	Riego agrícola (Dec_1594_1984)	Uso doméstico (Dec_1594_1984)	Consumo humano (NTC 813)	Consumo humano (OMS 2006)
Mercurio	-	0,002	0,001	0,006
Plomo	5	0,05	0,01	0,01
Zinc	2	15	5	3
Cromo	0,1	0,05	0,05	0,05
Níquel	0,2	-	-	0,07
Cadmio	0,01	0,01	0,005	0,03

Nota. Límites máximos permisibles según normativas nacionales e internacionales de los metales pesados estudiados en las aguas del Embalse El Guájaró. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benítez-Mojica, 2016.

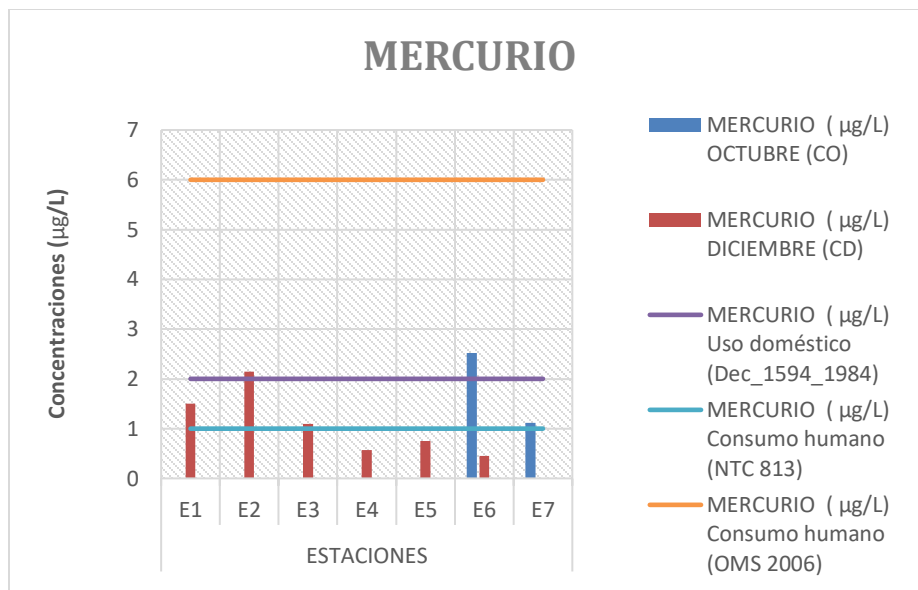


Figura 18. Valores de Mercurio en agua Vs Valores de referencia según la norma. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

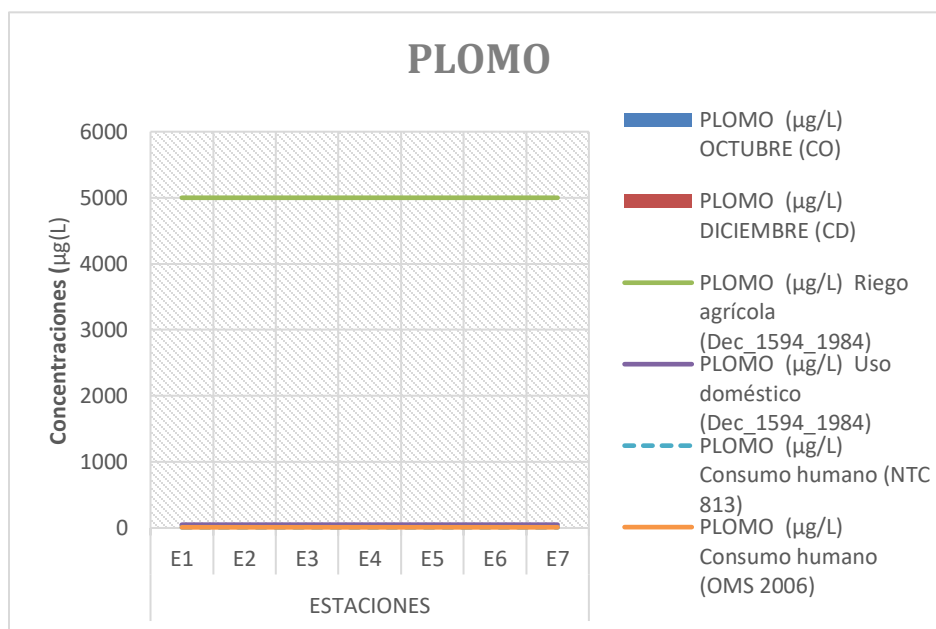


Figura 19. Valores de Plomo en agua Vs Valores de referencia según las normas. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

Con el fin de observar mejor los niveles de concentraciones de Pb, con respecto a los límites permisibles, se procedió a realizar otra gráfica, donde se eliminó la variable del límite permisible para el uso del agua en riego agrícola por el decreto 1594 de 1984.

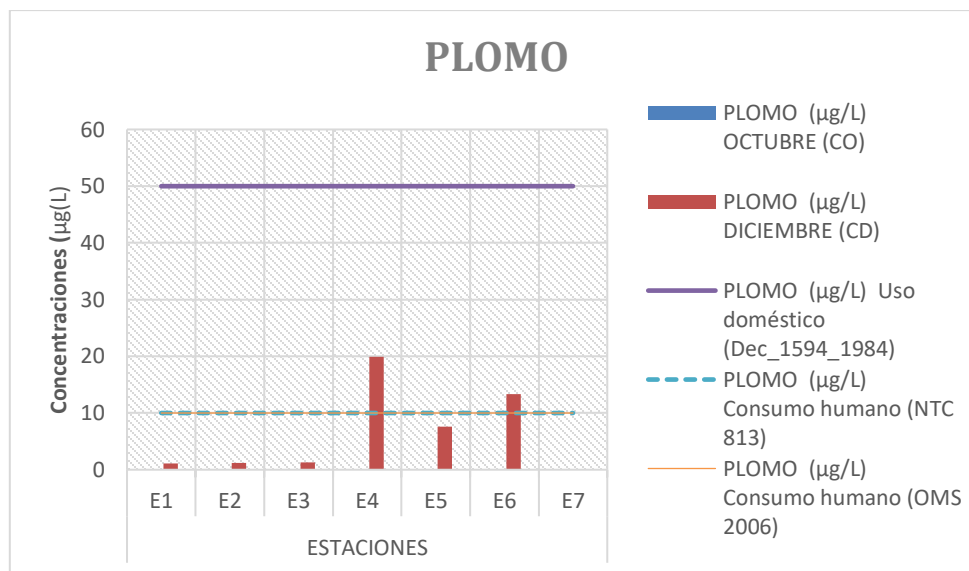


Figura 20: Valores de Plomo en agua Vs Valores de referencia según las normas. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

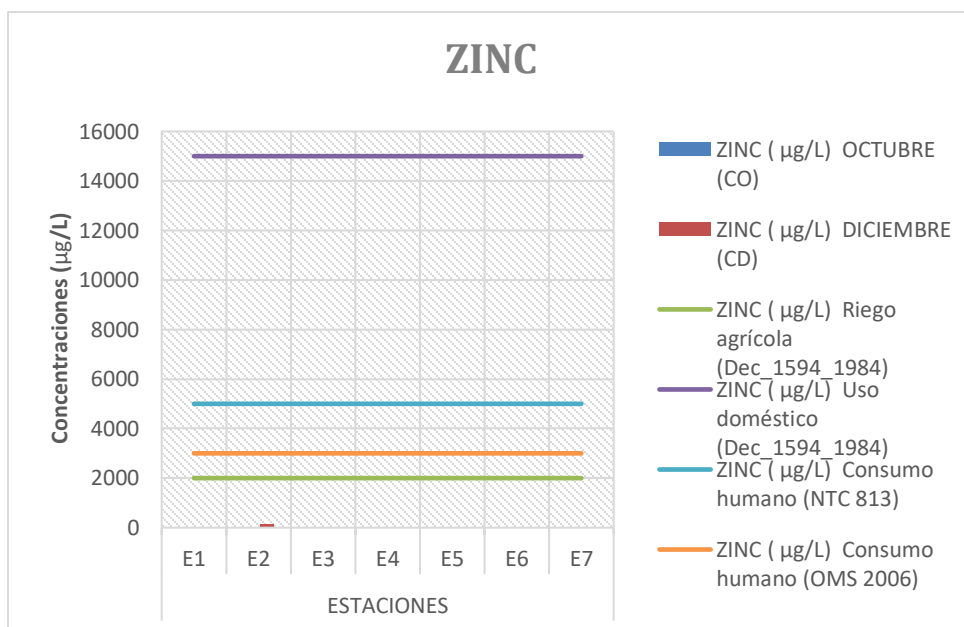


Figura 21. Valores de Zinc en agua Vs Valores de referencia según la norma. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

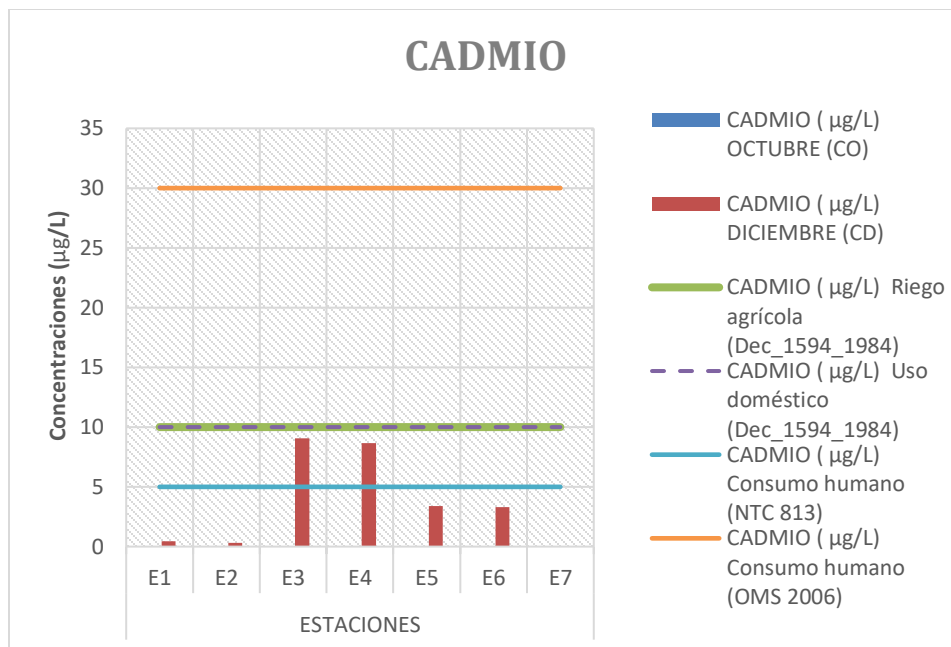


Figura 22: Valores de Cadmio en agua Vs Valores de referencia según la norma. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016.

9. Discusión

9.1 Recolección de información directa

De acuerdo a los datos obtenidos a través de las encuestas, los cuales arrojaron que el 97% de los individuos aplicaron plaguicidas en los meses previos al estudio. Se encontró que el plaguicida empleado con mayor frecuencia fue el Lorsban 4E – Clorpirifos- (22 individuos, 59%) con categoría toxicológica de II, seguido por Glifosato – Glifosato- (7 individuos, 19%) perteneciente a la categoría III y Manzate –Mancozeb- (6 individuos, 16%) con categoría III. Siendo algunos de estos Organoclorados los cuales tienen alta persistencia en el ambiente y alto potencial de biomagnificación, y otros organofosforados con una menor permanencia (Narváez-Valderrama, Palacio-Baena, & Molina-Pérez, 2012). Según Sankararamakrishnan, et al., (2005), estas sustancias alcanzan entre el 75 y el 100 % de su degradación en un tiempo de 4 a 30 años y teniendo en cuenta que un 51% de los encuestados (19 individuos) afirmaron tener más de 10 años aplicando plaguicidas en la zona.

En su gran mayoría, los agricultores manifestaron que sólo hasta el segundo semestre del año 2016 reanudaron las actividades de cultivo, debido a las largas temporadas de sequía en la región. Una gran parte de los encuestados son conocedores del tema, el 32% de ellos son técnicos en ciencias ambientales y afines, saben los efectos que causa el uso de plaguicidas al ambiente, también cuentan con conocimientos sobre el cambio climático; incluso algunos han disminuido el uso de químicos reemplazándolos por componentes orgánicos para disminuir el impacto ambiental, pero, a pesar que saben las consecuencias de su uso, éste persiste y con ello el descuido en cuanto a su manipulación, aplicación y la manera como lo transportan.

9.2 Plaguicidas

En cuanto a los resultados arrojados mediante pruebas de laboratorio, en las dos campañas de monitoreo se muestran que no se detectaron plaguicidas en las aguas superficiales del embalse El Guájaro, esto puede atribuirse a muchos factores, iniciando con las inundaciones por la ruptura del canal del dique ocurridas en el año 2010, lo cual agravó el problema de sedimentación que venía presentado el embalse por la erosión laminar de los suelos en la cuenca y que transportó hacia ella aproximadamente 60.000 ton/año de sedimentos, y el flujo de agua a través de las compuertas de entrada y provenientes del río Magdalena por el canal del Dique con un valor de 50.000 ton/año (Casas Díaz et al., 2009). Estos eventos podrían haber provocado que los plaguicidas usados durante los años siguientes, fueran arrastrados por escorrentía al cuerpo de agua y se adhirieran a las partículas en suspensión, coincidiendo con lo sugerido por (Rodríguez et al., 2008) quienes exponen que al entrar en los sistemas acuáticos la mayoría de los plaguicidas organoclorados (plaguicidas aplicados por los agricultores de la zona) tienen cortos tiempos de residencia en el agua y rara vez permanecen como sustancias puras, ya que rápidamente se adsorben al material particulado en suspensión o en la materia orgánica acumulándose en sedimentos y organismos. Dicho proceso de adsorción, es debido a la atracción existente entre una superficie sólida y un vapor o disolución, resultante de la interacción de fuerzas que emanan de la superficie del adsorbente y de las moléculas o iones del adsorbato (Navarro-García & Barba-Navarro, 1998).

Además de lo anterior, se debe tener en cuenta la poca actividad agrícola en la zona en los últimos años, en cierta parte por las inundaciones, esto de acuerdo a los resultados obtenidos por el instrumento de recolección de información directa los cuales indican que hay agricultores que afirmaron no haber tenido una cosecha incluso desde el año 2010; pero principalmente la poca

actividad se debe como consecuencia al fenómeno del niño, remontándonos al primer periodo del año 2014 que trajo consigo una larga temporada de sequía impidiendo la siembra de cultivos y por ende la considerable disminución en la aplicación de productos químicos.

Por otro lado, se dice que la persistencia de los plaguicidas en un compartimiento ambiental depende de la eficiencia de los procesos de degradación natural (Narváez-Valderrama *et al.*, 2012). Si se mira el comportamiento de un plaguicida en el medio, como por ejemplo el Lorsban 4E que fue el más aplicado, según su ficha técnica podemos encontrar que su densidad relativa es de 1,076 g/mL (a 20 °C) y de acuerdo a Quinchía , Gómez, Palencia, & Giraldo-Lopera (2006) presenta baja solubilidad en el agua; adicional a lo anterior, debemos tener en cuenta que la densidad depende en gran parte de la temperatura, asimismo la solubilidad del plaguicida aumentará si la temperatura es mayor, y de acuerdo a los datos tomados in situ, la temperatura en el embalse es relativamente alta, es decir que este factor ayuda al plaguicida a disolverse mucho más rápido; a esto le adicionamos lo planteado por Ramírez & Lacasaña (2001) en la **Tabla 2** donde aseguran que plaguicidas como el Malation (Malathion) tiene una persistencia de días a 12 semanas y que tanto el Paration (Parathion) como el Lannate tienen una persistencia de 1 a 18 meses en el agua, dichos plaguicidas fueron encontrados entre los aplicados por los agricultores del distrito de riego de Repelón, Atlántico.

9.3 Metales pesados

La contaminación por metales pesados en aguas es muy difícil de detectar a través del monitoreo medio ambiental, estas concentraciones suelen ser más bajas que las encontradas en los sedimentos, o en las especies de fauna y flora presentes en los cuerpos de agua, por esto en ocasiones un nivel bajo de contaminación en la columna de agua no necesariamente indica contaminación baja (Mancera-Rodríguez & Álvarez-León, 2006).

En la evaluación de metales pesados en el Embalse, se detectó la presencia de Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Zinc (Zn) y Plomo (Pb). Estos al igual que los plaguicidas poseen el mismo comportamiento de adsorción a las partículas suspendidas en el agua (Parra & Espinosa, 2008; Seuntjens et al., 2001); también interviene que su capacidad de adsorción y liberación, dependen fundamentalmente del pH y de las condiciones redox (Fuentes H, Rojas de Astudillo, Diaz, & Martínez, 2010).

La presencia de metales pesados en el Embalse Él Guajáro puede atribuirse al vertido de aguas residuales sin previo tratamiento, la infiltración de aguas negras (Herrera, Rodríguez, Coto, Salgado, & Borbón, 2013); así como también el uso de pesticidas, herbicidas y abonos en las actividades agrícolas cuyos residuos pueden ser arrastrados hasta el embalse y a las aguas de escorrentías formadas en la época lluviosa (Fuentes H et al., 2010). Además, también pueden ser arrastrados los sedimentos provenientes de la explotación de canteras en Luruaco, Rotinet y Arroyo de Piedra, los cuales se calculan entre el 10 y el 15% del total de otros sedimentos aportados (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, 2014).

Lo mencionado anteriormente, se puede sustentar con el estudio realizado por Padilla-Coba (2015), el cual menciona que el total del caudal de aguas residuales que se vierte al embalse es de alrededor de 1.05 (m³/s). y lo expuesto por (Casas-Díaz et al., 2009) quienes hablan de que existen cerca de 45 explotaciones mineras en todo el territorio de la zona de estudio; de las cuales 20 se encuentran activas. De igual forma, se presenta la minería de subsistencia sobre los cauces de los arroyos.

Al entrar en materia acerca de las labores agrícolas y, en particular, la utilización de compuestos metálicos como productos fitosanitarios en el distrito de riego de Repelón, Atlántico, se establece que han supuesto una fuente común de contaminación ambiental para el Embalse, no

sólo al actuar directamente sobre los alimentos, sino, y esto es fundamental, al perpetuar la cadena contaminante, por sus muy dilatados efectos en el tiempo sobre los suelos y las aguas residuales empleadas en el riego de estas labores (Blanco-Henández, et al., 1998), obteniendo como resultado la contaminación de los cuerpos de agua cercanos a las zonas de aplicación de dichos contaminantes, en especial del Embalse El Guájaro que recibe aguas residuales provenientes de estas actividades. (Casas-Díaz et al., 2009).

El transporte de ciertos contaminantes se incrementa cuando los períodos de flujo de agua de un río son altos, entonces es posible que la presencia de metales pesados en el Embalse se deba al período de lluvias que se presentó entre el mes de Agosto l Noviembre, lo cual ocasiona un mayor arrastre de constituyentes químicos (orgánicos e inorgánicos) provenientes de fuentes de contaminación (Gómez-Álvarez et al., 2004). Además, Los efluentes domésticos que contienen desechos metabólicos y productos de consumo (jabones y detergentes) contribuyen con cantidades apreciables de cobre, cadmio, cromo, plomo, zinc, entre otros (Gómez-Álvarez et al., 2004).

Colombia durante los años 2010-2011, afrontó una de las temporadas invernal de mayor impacto, uno de los departamentos más afectados fue el Atlántico, se pueden atribuir los niveles de metales pesados a este suceso, puesto que las fuertes lluvias ocasionaron el aumento del caudal del río Magdalena y del embalse del Guájaro, la cual ocasionó la ruptura del canal del dique en 214 m, en el municipio de Santa Lucía. Como consecuencia se inundaron los municipios de Campo de la Cruz, Santa Lucía, Manatí, Suan y Candelaria y se depositaron en los suelos toneladas de sedimentos que traían en suspensión arena, con alto contenido de cuarzo, limo, arcillas y otras partículas sueltas, entre las que se prevé cantidades de metales pesados, cadmio, arsénico, mercurio, plomo y cromo (Yacomelo, 2014). Estas concentraciones de metales

pesados cuantificadas en los suelos, se presume también, que provienen del resultado de las continuas actividades mineras (extracción de oro y plata) e industriales, realizadas alrededor del Río Magdalena, en el transepto de Magangué a Calamar; lo anterior teniendo en cuenta que las demás minerías existentes desde la desembocadura del Río Magdalena depositan sus sedimentos en los humedales de la Mojana (el río Magdalena desemboca en Bocas de Cenizas en Barranquilla), ya que se trata de un delta interior donde concluyen grandes cantidades de agua y sedimento (Yacomelo, 2014).

En un estudio en cuerpos de agua del canal del dique en las poblaciones de Gambote y Soplaviento (Bolívar), se encontró presencia de metales pesados (Fe, Cd, Cr, Ni y Hg) en sedimentos y explica que un posible foco de contaminación del Embalse El Guájaro es el Río Magdalena, allí Espitia., (2014) menciona que esta podría ser una de las razones por las cuales hay presencia de metales pesados en el embalse, debido a que en el mes de Enero del 2016 la Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA, inició el bombeo de agua desde el canal del Dique hacia el embalse El Guájaro, con el fin de garantizar el sostenimiento de los niveles críticos del cuerpo de agua. Estos bombeos pudieron traer consigo sedimentos con presencia de metales pesados contaminando así el embalse. Asimismo, es importante saber que los sedimentos que transporta el Canal del Dique no se originan en su curso ni en su cuenca, sino que provienen del Río Magdalena y que además el 80% de los sedimentos que entran a dicho canal siguen en suspensión a lo largo de su curso, esto según lo mencionado por (Espitia, 2014).

Además, la incineración de residuos urbanos libera entre 0,4 y 3,5 g Hg/ton residuo, teniendo en cuenta las encuestas realizadas en el municipio de Repelón, se puede sustentar que el 32% de la población encuestada incinera los residuos domésticos, ocasionando la liberación de Hg al aire, columnas de agua y suelo.

Méndez et al., (2009) menciona que la presencia de plomo (Pb), en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición. En los suelos contaminados con Pb se suele encontrar también Cd y Zn, tal como sucedió en el análisis de las muestras de agua en el Embalse El Guájaró. Además, puede ser una fuente antropogénica la corrosión de cañerías en el hogar, y la erosión de depósitos naturales por tuberías hechas con plomo.

Para evaluar la calidad del agua del embalse El Guájaró, con respecto a la contaminación por metales pesados, se utilizaron los criterios del decreto 1594 (1984) usos del agua y residuos líquidos, de la norma técnica Colombiana NTC 813 sobre el agua potable, y de las guías para la calidad del agua potable de la OMS (2006) que establecen los límites máximos permisibles para metales pesados contenidos en el agua para uso en riego agrícola, doméstico y de consumo humano.

Mercurio: Como puntos de referencia las normativas ambientales que rigen este parámetro, se tienen como valores límites permisibles para consumo humano 0,006 mg/L según la OMS, y en 0,001 mg/L según la NTC 813, mientras que para uso doméstico el decreto nacional 1594 de 1984 es de 0,002 mg/L, en este sentido los niveles de Hg en la E6 y E7 de la CO y en la E1, E2 y E3 de la CD supera los límites permisibles de la NTC 813 para consumo humano, mientras que para uso doméstico según el decreto 1594 de 1984 los límites permisibles son superados por los niveles de Hg en la E2 para la CO y en la E6 para la CD. Esto debido a vertimientos industriales y urbanos que se encuentran en la parte norte del Embalse, que posiblemente traen consigo oligoelementos de Hg, además de lo descrito anteriormente acerca de las explotaciones mineras cercanas al Río Magdalena.

Plomo: Con respecto al Plomo (Pb) en los muestreos de Octubre CO no se detectó la presencia de Pb en ninguna de las estaciones de muestreo; mientras que en Diciembre CD el Pb se detectó en todas las estaciones evaluadas; teniendo en cuenta esto los valores detectados de Pb en la E4 y E6 superaron el límite permisible determinado por la normativa internacional (OMS) y la nacional NTC 813, establecido en 0.01 mg/L para consumo humano, mientras que los límites permisibles para riego agrícola y uso doméstico no fueron excedidos por ninguno de los puntos muestreados.

Zinc: El Zn sólo se detectó en la E3 de la CD con un valor de 0,14 mg/L este valor encontrado fue inferior al límite máximo permisible establecido por las normas para Riego agrícola, uso doméstico, y consumo humano. Esto puede atribuirse a que la E2 está cercana a los territorios del municipio de Sabanalarga, y su actividad agrícola principal es el cultivo de Maíz, principalmente en las zonas aledañas al embalse (Leon Peña et al., 2015) y en la producción del maíz el Zn es uno de los micronutrientes más asociados (Melgar, Lavandera , Torres-Duggan , Ventimiglia, 2001).

Cadmio: El Cd se detectó en las estaciones E1, E2, E3, E4, E5 y E6 de la CD, teniendo en cuenta esto se puede observar que los valores detectados en la E3 y E4 superaron el límite permisible determinado por la normativa nacional NTC 813, establecido en 0.005 mg/L para consumo humano, mientras que los límites permisibles para consumo humano según la OMS, y las normas que evalúan el metal para riego agrícola y uso doméstico no fueron excedidos por ninguno de los puntos muestreados.

Por otro lado, se tiene en cuenta el efecto de algunas condiciones del medio o variables físico-químicas con el comportamiento de los metales pesados en el agua, pues según (Gómez, et

al., 2004), algunas de estas variables pueden influenciar fuertemente las concentraciones de éstos en los cuerpos de agua.

Iniciando con el pH, se tiene que la disminución de este parámetro en el sustrato puede causar toxicidades metálicas, incluso si no se ha añadido metal adicional al sistema, puesto que este ejerce un efecto sobre la biodisponibilidad de la mayoría de los metales pesados al afectar el equilibrio entre la especiación metálica, solubilidad, adsorción e intercambio de iones (Reichman, 2002). Teniendo en cuenta, que en el agua analizada en el embalse se encontraron valores de pH neutros y alcalinos (7,64 a 8,88), se puede afirmar que

los metales pesados están menos disponibles, puesto que un porcentaje importante se ha precipitado como hidróxidos insolubles, carbonatos y complejos orgánicos (Silveira-Azevedo, Alleoni-Ferracciú, & Guilherme-Guimarães, 2003) y (Mancilla-Villa et al., 2012).

A pesar de esto el Hg, el Cd y el Pb, a diferencia del Zn, fueron los metales pesados que sobrepasaron los límites máximos permisibles en agua para consumo humano, según la normativa internacional (OMS) y la nacional NTC 813, posiblemente se encuentran asociados con partículas suspendidas del agua, que tienden a estar menos disponibles a pH alcalinos.

Con respecto al agua para uso de riego, las concentraciones de los metales analizados, están por debajo de los límites máximos permisibles, por lo cual, el agua puede ser utilizada sin riesgo en el riego agrícola de acuerdo con el decreto 1594 de 1984. Sin embargo, de acuerdo con este mismo decreto se debe tener restricción del agua para uso doméstico, debido a que dos muestras de agua superaron el límite permisible de 0,002 mg/L de Hg en la E2 y E6 situadas muy cerca de descargas de aguas residuales y de explotaciones mineras. Mientras que las concentraciones para los otros metales se presentaron por debajo del límite máximo permisible para uso doméstico.

Esta gran diferencia de concentración se debe a que en zonas mineras los afluentes son contaminados con mayores cantidades de metales pesados por medio del agua residual, en contraste, la zona objeto de estudio actividad minera, y actividad agrícola.

9.4 Parámetros físico-químicos

De los parámetros de calidad de agua medidos *in situ* en el embalse el Guájaro, y una vez realizada las interpolaciones de los datos, es posible observar que luego del periodo de lluvias y la apertura de las compuertas que lo comunican con el canal del dique, pasó en promedio de 1.36 m a 3.58 m lo que indica una ganancia en la profundidad de la lámina de agua de 2.22 m. La temperatura tuvo un promedio de 30.75 °C, un valor habitual en la zona; el comportamiento de este parámetro incide directamente con la solubilidad de los plaguicidas en el agua como es el caso del Lorsban 4E, a mayor temperatura más soluble se convierte el soluto; por su parte la conductividad y salinidad en la Diciembre se ven distribuidas con mayores concentraciones en la parte norte del embalse.

El comportamiento de los metales pesados y su solubilidad en el agua está fuertemente influenciada por las condiciones del ambiente, especialmente cambios en las condiciones de pH, potencial redox, fuerza iónica y salinidad, entre otras (Gómez, et al., 2004); provocando la movilización y resuspensión de especies químicas acumuladas en los sedimentos, magnificando incluso su efecto tóxico, tal como es el caso de los metales pesados (Herrera et al., 2013).

Específicamente, el pH del agua tiene una gran incidencia en la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados en la columna de agua, las condiciones ácidas tienden a solubilizar los metales que se encuentran en el sedimento aumentando de esta forma la dureza de sus aguas (Gómez-Álvarez et al., 2004; Herrera et al., 2013), Como es el caso de algunos metales pesados, la solubilidad de estos aumenta en el agua en medios ácidos (Peña-Fernández,

2011). Basándonos en los datos obtenidos *in situ* del pH, las aguas del embalse varían entre un estado neutro (7.64, CO: estación 8) a ligeramente básico (8.88, CD: estación 4), ello afecta la biodisponibilidad de ciertos metales pesados en el cuerpo de agua, puesto que un porcentaje importante se ha precipitado como hidróxidos insolubles, carbonatos y complejos orgánicos (Silveira-Azevedo et al., 2003).

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1 Conclusiones

Basados en los valores obtenidos a través del instrumento de recolección de información directa, de los diferentes muestreos y análisis realizados en las aguas del Embalse, puede concluirse que:

- No se detectaron plaguicidas en las aguas superficiales del embalse El Guájaro, esto puede atribuirse a muchos factores como se mencionó anteriormente, iniciando con las inundaciones por la ruptura del canal del dique, lo cual pudo haber provocado que los plaguicidas usados durante los años siguientes, fueran arrastrados por escorrentía al cuerpo de agua y se adhirieran a las partículas en suspensión o en su defecto a los sedimentos, debido a la afinidad de los plaguicidas con estas partículas; además se debe tener en cuenta la poca actividad agrícola en la zona en los últimos años lo que está relacionado con la disminución en la aplicación de los plaguicidas; por otro lado, la temperatura en el embalse es relativamente alta, y el pH es alcalino, estos dos factores ayudan al plaguicida a degradarse mucho más rápido. Finalmente otra posible causa de la no detección de plaguicidas en la matriz de agua, puede relacionarse al límite de detección del laboratorio al cual se enviaron las muestras para su estudio, puesto que los límites están entre 5,0 µg/L y 10,0 µg/L, y estos contaminantes en ocasiones se encuentran en valores nanométricos.
- Se encontró presencia de metales pesados tales como Hg, Cd, Pb y Zn. Pero el Hg, el Cd y el Pb, a diferencia del Zn, fueron los metales pesados que sobrepasaron los límites máximos permisibles en agua para consumo humano; con respecto al agua para uso de

riego, las concentraciones de los metales analizados, están por debajo de los límites máximos permisibles. Sin embargo, se debe tener restricción del agua para uso doméstico, debido a que dos muestras de agua superaron el límite permisible de Hg, mientras que las concentraciones para los otros metales se presentaron por debajo del límite máximo permisible para uso doméstico. Todo esto sugiere una revisión por parte de los entes reguladores, dado que es posible que la población que consume productos de la zona (peces, camarones, entre otros) están en contacto directo o indirecto con la fuente de emisión de estos metales pesados.

- Se implementó un sistema de información geográfica para la representación de las distribuciones de las trazas encontradas, permitiendo ver de manera representativa los resultados obtenidos pudiendo así observar que las actividades socioeconómicas como la agricultura, acuicultura, botaderos a cielo abierto, minería, vertidos industriales y residenciales, aportan sobre el Embalse una importante carga de contaminantes.

10.2 Recomendaciones

- La identificación de metales pesados en aguas del embalse el Guájaro, confirma la creciente preocupación por la polución de las fuentes hídricas en el departamento y la necesidad de generar información sobre el grado de contaminación existente, para coadyuvar a determinar su origen y desarrollar estrategias adecuadas dirigidas a reducir el escurrimiento de sustancias tóxicas a esta región, con el especial fin de proteger la calidad del agua, la vida de los organismos acuáticos y la salud de las comunidades locales.
- El embalse El Guájaro es considerado la principal fuente de abastecimiento de agua para las poblaciones que se localizan a su alrededor, incluyendo las actividades agrícolas,

pecuarias y ganaderas que se desarrollan allí. De ahí la importancia de realizar monitoreos frecuentes de plaguicidas y metales pesados no solo en la matriz evaluada, sino en los sedimentos, suelos, camarones, peces y otros organismos en el área de estudio por parte de los entes reguladores para controlar del uso, manejo y disposición de estos contaminantes de manera que sea posible reducir los impactos negativos generados.

- Es necesario revisar la legislación y reglamentación existente a nivel nacional en el tema que permita tener una mejor regulación de las sustancias químicas utilizadas en la explotación de oro y otros metales pesados en el país. Se debe estudiar la posibilidad de crear impuestos y sanciones económicas por concepto de emisiones descontroladas de estas sustancias, buscando incentivar el uso de tecnologías “limpias” que permitan la introducción de mejoras técnicas en el proceso de producción en la explotación minera, la exploración y explotación de hidrocarburos y en la producción agrícola.

Referencias

- AAFCO. 2000. Official Publication. Assoc. Am. Feed Control Officials, Inc., Oxford, IN.
- American Academy of Pediatrics (1996). *Pediatrics*, 97(3): 413-416. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/11-metales_pesados.pdf.
- Alcaldía de Repelón. (n.d.). *Sitio web del municipio Repelón en Atlántico*. Recuperado de <http://www.repelon-atlantico.gov.co/index.shtml#6>
- Arístegui-Sierra, J. P. (2009). Los biocombustibles desde la perspectiva del comercio internacional y del derecho de la organización mundial del comercio. *Revista de derecho Valdivia*, 22(1), 113-134. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-09502009000100006
- Arrazcaeta, L. O. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Fitosanidad*, 6(3), 55-62. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>
- Arvelo, F. & Sojo, F. (2016). Contaminación, disruptores endocrinos y cáncer. *Investigación Clínica*, 57(1), 77-92. Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/pdf/ic/v57n1/art09.pdf>
- Atkinson, B., Kassan, F. & Bux, H. (1998). Considerations for application of biosorption technology to remediate metal-contaminated industrial effluents. *Water SA*, 24, 129-135. Recuperado de http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Water%20SA%20Journals/Manuscripts/1998/02/WaterSA_1998_02_apr98_p129.pdf
- Anzecc, A. (2000). Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and

- Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, *Canberra*, 1, 1-103. Recuperado de <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/53cda9ea-7ec2-49d4-af29-d1dde09e96ef/files/nwqms-guidelines-4-vol1.pdf>
- Avery, D. T. (1995). Salvando al planeta con plásticos y plaguicidas: el triunfo ambiental de la agricultura de altos rendimientos. *Hudson Institute*. Recuperado de <http://umffaac.org.mx/NOTICIAS/0916/Salvando-al-planeta.pdf>.
- Badii, M. H. & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT*, 4(19), 21–34. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/454>
- Basso, M. C., Cerrella, E. G. & Cukierman, A. L. (2002). Empleo de algas marinas para la biosorción de metales pesados de aguas contaminadas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6(1), 69-74. Recuperado de <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2002/2002-t006-a013.pdf>
- Bedmar, F., Gianelli, V., Angelini, H., & Viglianchino, L. (2015). Riesgo de contaminación del agua subterránea con plaguicidas en la cuenca del arroyo El Cardalito, Argentina. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 41(1), 70-82. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142015000100011
- Betancourt, M. J., & Ramírez, T, G. (2005). Estudio de los Procesos Relacionados con la Presencia de Plaguicidas Organoclorados de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Boletín de Investigaciones Marinas Y Costeras - INVEMAR*, 34(892), 121–140. Recuperado de <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Boletin34.pdf#page=123>
- Blanco-Henández, A. L., Alnso-Gutiérrez, D., Jiménez-de-Blas, O., Santiago-Guervós, M. &

- De-Miguel-Manzano, B. (1998). Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico, en aguas de la provincia de salamanca. *Revista española de salud pública*, 72(1), 53-65. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v72n1/plomo.pdf>.
- Boca Raton: CRC press. Kanzari, F., Syakti, A. D., Asia, L., Malleret, L., Piram, A., Mille, G., & Doumenq, P. (2014). Distributions and sources of persistent organic pollutants (aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs and pesticides) in surface sediments of an industrialized urban river (Huveaune), France. *Science of The Total Environment*, 478, 141–151. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.065>.
- Botello, A. V. (2005). *Golfo de México: Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. Univ. J. Autónoma de Tabasco. Recuperado de https://books.google.com.co/books/about/Golfo_de_M%C3%A9xico.html?id=WwuryOF1jUEC&redir_esc=y
- Buenfil-Rojas, M. & Flores-Cuevas, N. (2007). Determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el Río Hondo, Quintana Roo. *In VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales, Chihuahua, México*, 9, 435-439. Recuperado de http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/CHIHUAHUA/docs/81-100.pdf
- Caldera, Y., Gutiérrez, E. & Polanco, D. (2005). Análisis de metales en aguas y sedimentos del Parque Nacional Morrocoy aplicando métodos estadísticos multivariantes. *Ciencia*, 13(4), 56-58. Recuperado de <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/ciencia/article/view/9287>
- Campos N., H. (1990). La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano, *Caldasia*, 16(77), 231–243. Recuperado de

<http://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/35544>

Cañizares, R. O. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana.

Revista Latinoamericana de Microbiología, San Pedro, 42, 131–143. Recuperado de

<http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>

Cardona, A. J. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la*

microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. (Tesis de maestría). CATIE

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Carrillo-Sarmiento, C. S. (2015). *Plan de desarrollo municipal. Repelón - Atlántico*.

Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos>

<PDF/repelónatlánticopd20122015.pdf>

Carvajal, O., Gómez, S., Infanzón, R., Villalobos, R. & Waliszewski, S. M. (2004). Uso del

ácido sulfúrico en la determinación de plaguicidas organoclorados. *Revista Internacional de*

Contaminación Ambiental, 20(4), 185–192. Recuperado de

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188->

49992008000100004&script=sci_arttext&tlng=pt

Casas-Díaz, C., Berdugo-Bérmudez, A., Reina-Senior, J., Decola-Vásquez, G., Ucrós-Rosales,

A., Meriño-De-Oro, D., Ortiz-Orellano, A. (2009). *Informe sobre el estado de los recursos*

naturales y del medio ambiente en el departamento del Atlántico. Barranquilla. Recuperado

de <http://www.contraloriadelatlantico.gov.co/auditorias/INFORME%20AMBIENTAL.pdf>

García, C. C. (1996). Áreas de aplicación medioambiental de los 'sig'. *Modelización y avances*

recientes. Papeles de Geografía, (23-24), 101-115. Recuperado de

<http://revistas.um.es/geografia/article/view/45071>.

- Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA. (2014). *Diagnóstico inicial para el ordenamiento del embalse del guájaro y la ciénaga de luruaco*. Recuperado de <http://www.crautonomia.gov.co/documentos/Planes/2013/4%20Sintesis%20Ambiental.pdf>
- White, C. J. (1999). *A survey of nursery water quality best management practices in Oklahoma* (tesis doctoral). Oklahoma State University, Stillwater-Oklahoma.
- Costagliola, M., Seigneur, G., & Jurquiza, V. (2003). *Estudios químicos y bacteriológicos del río baradero (Argentina): calidad sanitaria del agua y aptitud de los peces para consumo humano* (Informe técnico 50). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267378359_estudios_quimicos_y_bacteriologicos_del_rio_baradero_argentina_calidad_sanitaria_del_agua_y_aptitud_de_los_peces_para_consumo_humano
- Cuizano, N. A., Reyes, U. F., Dominguez, S., Llanos, B. P. & Navarro, A. E. (2010). Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2), 123-130. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2010000200002&script=sci_arttext.
- Constitución de la República de Colombia (1984). *Decreto 1594 Usos del agua y residuos líquidos*. Art. 37 - 42. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>.
- Doris-Salamanca, L. S. (2014). Universidad nacional abierta y a distancia trabajo colaborativo fase 1301615 – *agricultura biológica*. Popayán, Colombia.

- Edineldo, L., Marrugo, J. L., & Díaz, B. (2008). Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la Ciénega Grande del Valle Bajo del río Sinú. *Temas Agrarios*, 13(1), 49-56. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28316662_Estudio_de_la_contaminacion_por_pesticidas_organoclorados_en_aguas_de_la_Cienaga_Grande_del_Valle_Bajo_del_Rio_Sinu
- Espitia, N. (2015). Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales en cuerpos de agua del canal del dique en las poblaciones de Gambote y Soplaviento (Bolívar). *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 17(34), 91-100. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11389/10227>
- Fallis, A.. (2013). Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. Recuperado de <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández-Daniel G. A., Mancipe, L. C., G. & Fernández, D. C. (2010). Intoxicación Por Organofosforados. *Revista Med*, 18(1), 84–92. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n1/v18n1a09.pdf>
- Fernández, M. A., Fern, M., Cuesta, S., & Jim, O. (2000). Organochlorine and heavy metal residues in the water / sediment system of the Southeast Regional Park in Madrid , Spain
Organochlorine and heavy metal residues in the water / sediment system of the Southeast Regional Park in Madrid , Spain. *Chemosphere*, 41(6), 801–812. Recuperado de [http://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00004-7](http://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00004-7)

- Fernández, M. F., Infante, M. I. L., Castillo, N. S., Berrocal, F. O., Almirón, J. M. A., Contreras, J. L., ... Morillo. & M. del C. Y. (2013). *Aplicacion de plaguicidas Nivel cualificado*. *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929ff77205134944/alfrescoDocument?i3pn=contenidoAlf&i3pt=S&i3l=es&i3d=e5747030-1bb8-11df-b7e2->
- Galleguillos, G., Oyarzún, J., Maturana, H. & Oyarzún, R. (2008). Retención de arsénico en embalses: el caso del río Elqui, Chile. *Ingeniería hidráulica en México*, 23(3), 29-36. Recuperado de https://www.aulados.net/GEMM/PDFs/Retencion_de_arsenico.pdf
- Garcés-Ordóñez, O., Vivas-Aguas, L. J., Martínez-Campo, M., Córdoba-Meza, T., Contreras-Guerrero, A., Obando-Madera, P., & Sánchez, J. (2015). Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (Informe técnico 2013). Recuperado de <http://www.oceandocs.org/handle/1834/6655>
- García, C., Moreno, J. L., Teresa, M. & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia Y Medio Ambiente*, 14, 125-138. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/111812>.
- García-Gutiérrez, C., & Rodríguez-Meza, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177005>
- García, I. & Dorronsoro, C. 2005. *Contaminación por Metales Pesados*. *En Tecnología de*

Suelos (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, España.

García-Ruiz, L. A., & Otálvaro-Arango, D. M. (2009). *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales* (Tesis de Especialización).

Universidad de Antioquia, Colombia.

Gómez-Álvarez, A., Villalba-Antondo, A., Acosta-Ruíz, G., Castañeda-Olivares, M. & Kamp, D. (2004). Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 20(1), 5–12.

Gong, X., Qi, S., & Wang, Y. (2010, June). Present Status of Organochlorine Pesticides Contamination in Water from Honghu Lake, China. *Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010 4th International Conference on*, 8, 1-4. doi: 10.1109/ICBBE.2010.5515510

Gonzalez, H. (1997). *Monitoreo Ambiental de Metales y Compuestos Orgánicos en ecosistemas hídricos* (Tesis pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena-Colombia.

Guerrero, J. A. (2003). Pesticide residue studies in fruits and vegetables from specific areas of Colombia. *Redalyc*, 21, 198–209. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180317974009.pdf>

Guerrero-Padilla, A., Florián-Florián, J. & Floián-Guerrero, Ju. (2013). Uso de fertilizantes y plaguicidas en el distrito de poroto, trujillo-la libertad, 2013. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 1(1), 91–102. Recuperado de <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Guerrero-Pérez, J., Rodríguez-Puente, C., Jornet, Sancho, & Antonio. (1988). Estudio de metales

- pesados en aguas y sedimentos superficiales en la costas cantábrica y gallega. *Informes Técnicos - Instituto Español de Oceanografía*, (64), 3–16. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4644281>
- Gundersen, P. & Steinnes, E. (2003). Influence of pH and TOC concentration on Cu, Zn, Cd and Al speciation in rivers. *Water Res*, 37, 307–318. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12502060>
- Gupta, A., Rai, D. K., Pandey, R. S. & Sharma, B. (2009). Analysis of some heavy metals in the riverine water, sediments and fish from river Ganges at Allahabad. *Environmental monitoring and assessment*, 157(1), 449-458. Recuperado de <http://doi.org/10.1007/s10661-008-0547-4>
- Hernández, A. & Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 115–127. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200003
- Hernández, Y. & José, M. (2014). *Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín-Colombia.
- Herrera, J., Rodríguez, J., Coto, J., Salgado, V., & Borbón, A. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología En Marcha*, 26(1), 27–36. Recuperado de <http://doi.org/10.18845/tm.v26i1.1119>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2004). *Determinación*

de metales pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica (TP0096 No. 2). Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica..pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (agua, sedimentos y organismos). *Manual de Técnicas Analíticas Para La Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Y Contaminantes Marinos*. Recuperado de <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Islam, S., Ahmed, K. & Raknuzzaman, M. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment : A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48, 282–291. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14003719>

Karimipour, F., Delavar, M. R., & Kinaie, M. (2005). Water quality management using GIS data mining. *Journal of Environmental informatics*, 5(2), 61-71. Recuperado de <http://doi.org/10.3808/jei.200500047>

Konstantinou, I. K., Hela, D. G., & Albanis, T. A. (2006). The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. *Part I. Review on occurrence and levels. Environmental Pollution*, 141(3), 555–570. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.07.024>

Loftas, T. (1995). *Necesidades y recursos: geografía de la agricultura y la alimentación*. Recuperado de

<http://www.ebookdb.org/reading/51187C102A4C50173FG72469/Necesidades-Y-Recursos-GeografAa-De-La-Agricultura-Y-La-AlimentaciAn>

L'Ore. (2015). La qualité des eaux à l'état naturel - l'Environnement en Poitou-Charentes
[Mensaje en un blog] Recuperado de <http://www.environnement-poitou-charentes.org/La-qualite-des-eaux-a-l-etat.html>

Lajmanovich, R., Sierra, P. D. La, Marino, F., Peltzer, P., Lenardón, A. & Lorenzatti, E. (2005).
Determinación de residuos de organoclorados en vertebrados silvestres del Litoral Fluvial
de Argentina. *Miscelánea*, 14, 389–398. Recuperado de
http://insugeo.org.ar/libros/misc_14/27.htm

Lans, E., Marrugo, J. L. & Díaz, B. (2008). Estudio de la contaminación por pesticidas
organoclorados en aguas de la Ciénega Grande del valle bajo del río Sinú. *Temas Agrarios*,
13(76), 49–56. Recuperado de <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Lee, S., Moon, J. & Moon, H. (2003). Heavy metals in the bed and suspended sediments of
anyang river , Korea: implications for water quality. *Environ. Geochem. Health*, 25, 433–
452. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14740987>

Leon-Peña, R. C., Silvera-Peña, H., Villa-Cepeda, D. & Ahumada-Colon, G. (2015). *Ahora le
toca al Pueblo un Desarrollo Seguro*. Recuperado de
<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/DocumentosPDF/sabanalargaatlanticopd20122015.pdf>

Llugany, M., Tolrà, R., Poschnrieder, C., & Barceló, J. (2007). Hiperacumulación de metales:¿
una ventaja para la planta y para el hombre? *Revista Ecosistemas*, 16(2), 4-9. Recuperado
de <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/124>

- López-Giraldo, L. A., & Paniagua-Suárez, R. E. (2010). Water pollution caused by pesticides in an area of Antioquia. *Revista de Salud Pública*, 12(2), 300-307. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642010000200013
- Mancera-Rodríguez, N. J. & Álvarez-León, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Current State of Knowledge of the Concentration of Mercury and Other Heavy Metals in Fresh Water Fish in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 3–23. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n1/v11n1a01.pdf>
- Mancilla-Villa, Ó. R., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Uscanga-Mortera, E., Ramos-Bello, R., & Reyes-Ortigoza, A. L. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 28(1), 39–48. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a4.pdf>
- Mariani, C. F. & Pompêo, M. L. (2008). La calidad del sedimento. *Ciencia Hoy*, 18 (107) 48–53. Recuperado de <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy107/sedimento.htm>.
- Márquez, A., Senior, W., Fermín, I., Martínez, G., Castañeda, J., & González, Á. (2008). *Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela*. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/23618/2/articulo11.pdf>
- Martínez-Vidal JL, Gonzalez-Rodríguez A, Belmonte-Vega A. & G. F. a. (2004). Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas. Revista Científica Y Técnica de Ecología Y Medio Ambiente*, 13(3), 30–38. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/197>.

- Maskaoui, K., Zhou, J. L., Zheng, T. L., Hong, H. & Yu, Z. (2005). Organochlorine micropollutants in the Jiulong River Estuary and Western Xiamen Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8–12), 950–959. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.018>
- Melgar, R. J., Lavandera, J., Duggan, M. T., & Ventimiglia, L. (2001). Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del Suelo*, 19(2), 109-114. Recuperado de https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_19n2/melgar_109-114.pdf.
- Menco, A. & Caceres, A. P. (2016). Delimitar los barrios construidos por el Estado Nacional, Provincial y Municipal antes de 1990 a través del uso del SIG. *Informe Científico Técnico UNPA.*, 8(1), 151–171. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5454200.pdf>.
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua [plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and water]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Alcaldía de Repelón. (2012). *Alianza para el cultivo de Ají Jalapeño en el municipio de Repelón - Atlántico*. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/repel%C3%B3natl%C3%A1nticoicopd20122015.pdf>.
- Narváez-Valderrama, J. F., Palacio-Baena, J. A. & Molina-Pérez, F. J. (2012). Persistencia de

plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión Y Ambiente*, 15(3), 27–38. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36278>

Navarro-Garcia, A. & Barba-Navarro, S. (1998). *Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente* (9). España. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRINLP.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000410>.

Nufarm, S. A. (n.d.). *Hoja de datos de seguridad cipermetrina 25 nufarm*. Recuperado de www.nufarm.com.ar

Ongley, E. D. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO: Riego y drenaje 55. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021109/LUCHACONTRALACONTAMINACION.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS) & Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1993). *División Salud y Ambiente. Plaguicidas y salud en las Américas*. Recuperado de http://www.who.int/occupational_health/publications/es/pwh1sp.pdf

Padilla-Coba, J. (2015). *Modelación hidrodinámica y de calidad del agua para la gestión sostenible del embalse el guájaro (Tesis pregrado)*. Universidad de la Costa, CUC, Colombia.

Palacios, A., América, L., Loera, G. & Molina, G. (1983). *Prevención de riesgos en el uso de plaguicidas*. Recuperado de <http://bases.bireme.br/cgi->

bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=130820&indexSearch=ID.

Paredes-Rosero, M., Alvarado, L. E., Bernal-Contreras, H. H., & Chamorro-Rocha, A. J. (2002).

La lucha de Colombia contra las drogas ilícitas. Bogotá, D.C. Recuperado de <https://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/pdf/odc-libro-blanco/OD01012002-acciones-resultados-2002.pdf>.

Parra, J. P., & Espinosa, L. F. (2008). Acumulación de Pb, Cd y Zn en sedimentos asociados a rhizophora mangle, en el río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 31(120), 347-354. Recuperado de http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_31/120/347-354.pdf

Peña Fernández, A. (2011). *Presencia y distribución medioambiental de metales pesados y metaloides en Alcalá de Henares, Madrid. Evaluación del riesgo para la población y biomonitorización de la población escolar.* Universidad de Alcalá, España.

Perdomo, C. (2005). Calidad de las aguas y su relación con los sistemas agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15, 87–95. Recuperado de <http://www.ambientalex.info/revistas/vol28n142012.pdf>

Pesticide Action Network, P. (2005). Plaguicida con Prontuario. Reino Unido: Wecf international. Recuperado de http://www.rapal.org/articulos_files/Glifosato_Enlace_80.pdf

Ponce-Velez, G., & Botello, A. V. (1992). Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la laguna de Terminos, Campeche. *Hidrobiológica*, 1, 1–10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/578/57820101.pdf>.

- Quinchía, A., Gómez, F., Palencia, K., & Giraldo-Lopera, C. (2006). Evaluación de la resistencia de un aislado bacteriano nativo compatible con *Pseudomona* SP. al insecticida Lorsban 4EC. *Revista EIA*, 5, 101–108. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000100009.
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Pesticides: classification, uses, toxicological aspects and exposure assesment. *Arch Prev Riesgos Labor*, 4(2), 67–75. Recuperado de <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Placlausotoxmedexpmx.pdf>.
- Rand, G. M. (Ed.). (1995). *Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment*. CRC Press. Recuperado de <https://www.crcpress.com/Fundamentals-Of-Aquatic-Toxicology-Effects-Environmental-Fate-And-Risk/Rand/p/book/9781560320913>.
- Reichman, S. M. (2002). *The Responses of Plants to Metal Toxicity: A Review Forusing on Copper, Manganese & Zinc* Recuperado de http://www.plantstress.com/articles/toxicity_i/Metal_toxicity.pdf
- Rodríguez, I., De, M., Robledo, L., Jáuregui, C., Quintero, B., Ramírez, S. & Espinosa, M. A. (2008). Niveles de plaguicidas organoclorados en sedimentos superficiales de un tramo del río Mololoa. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4(2), 146–154. Recuperado de <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v4-n2-15-niveles-de-plaguicidas-organoclorados.pdf>
- Rosado, C. & Orozco-Africano, J. (2006). *Estudio de factibilidad para la creación de una ips privada de tercer nivel de atención en el distrito de Barranquilla* (Tesis de pregrado). Universidad de Buenaventura, Colombia.

Rosas Rodríguez, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Universitat Politècnica de Catalunya, España.

Salamanca, E. J. P., Peñaranda, M. L. P., & Alvarez, N. O. (2005). *Algas como indicadoras de contaminación*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/257297411_Algas_como_indicadores_de_contaminacion

Salcedo-Monsalve, A., Díaz-Criollo, S. M., Varona-Uribe, M. E. V. & González-Mantilla, Rodríguez-Forero, J. F. (2012). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. *Revista Ciencias de La Salud*, 10(0), 29–41. <http://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.2026>.

Salcedo Monsalve, A., & Melo Trujillo, O. L. (2005). Evaluación del uso de plaguicidas en la actividad agrícola del departamento de Putumayo. *Revista Ciencias de la salud*, 3(2), 168-185. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v3n2/v3n2a7.pdf>

Sánchez Contreras, J. C. Metodologías analíticas para la determinación de metales tóxicos en muestras de interés ambiental (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Sankararamakrishnan, N., Kumar-Sharma, A. & Sanghi, R. (2005). Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in ground water and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India. *Environment International*, 31(1), 113–20. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.001>

Santos, A., Alonso, E., Callejón, M., & Jiménez, J. C. (2002). Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the Guadamar river basin. *Water, Air, & Soil Pollution*, 134(1),

273-283. Recuperado de

<https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1014149107094?LI=true>.

Santoyo-Murguía, S. J., Ochoa-Estrada, S., & Ramírez-Jiménez, M. del R. (2014).

Determinación de Residuos de Plaguicidas Anticolinesterásicos en el Suelo y en el Cultivo de Cebollín en Villamar, Michoacán (Tesis Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.

Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la

condición ecológica de los cuerpos de agua corriente* benthic macroinvertebrates as

indicators in the ecological assessment of streams. *Ecotropicos*, 16(2), 45–63. Recuperado

de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25566/1/articulo1.pdf>

Seuntjens, P., Tirez, K., Šimůnek, J., Van Genuchten, M. T., Cornelis, C., & Geuzens, P. (2001).

Aging effects on cadmium transport in undisturbed contaminated sandy soil columns.

Journal of environmental quality, 30(3), 1040-1050. Recuperado de

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/30/3/1040>.

Silveira-Azevedo, M. L., Alleoni-Ferracciú, L. R., & Guilherme-Guimarães, L. R. (2003).

Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agricola*, 60(4), 793–806. Recuperado de

<http://doi.org/10.1590/S0103-90162003000400029>

Smolders, A. J. P., Lock, R. A. C., Van der Velde, G., Medina Hoyos, R. I., & Roelofs, J. G. M.

(2003). Effects of mining activities on heavy metal concentrations in water, sediment, and

macroinvertebrates in different reaches of the Pilcomayo River, South America. *Archives of*

Environmental Contamination and Toxicology, 44(3), 0314-0323. Recuperado de

<http://doi.org/10.1007/s00244-002-2042-1>

- Taboada-Castro, M. M., Diéguez-Villar, A., & Taboada-Castro, M. T. (2002). Effect of soil use and agricultural practices on heavy metal levels in surface waters. *Communications in soil science and plant analysis*, 33(15-18), 2833-2849. Recuperado de <http://doi.org/10.1081/CSS-120014485>.
- Tarquis, A. M., Platonov, A., Matulka, A., Grau, J., Sekula, E., Diez, M., & Redondo, J. M. (2014). Application of multifractal analysis to the study of SAR features and oil spills on the ocean surface. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 21(2), 439-450. Recuperado de <http://www.nonlin-processes-geophys.net/21/439/2014/npg-21-439-2014.pdf>.
- Torres, D., & Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Revista Ecosistemas*, 13(3). Recuperado de <http://doi.org/10.7818/RE.2014.13-3.00>
- Trujillo-Ramirez, O. I. (2006). *Análisis de pesticidas por cromatografía de gas Un modelo operacional* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Manizales, Colombia.
- Universidad Nacional de Costa Rica, U. (n.d.). Manual de plaguicidas de centroamérica [mensaje de un blog]. Recuperado de <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/124-cipermetrina>.
- Varona, M., Henao, G. L., Díaz, S., Lancheros, A., Murcia, Á., Rodríguez, N., & Álvarez, V. H. (2009). Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica*, 29(3), 456-475. Recuperado de <http://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/16>.

- Vera-Morales, J. M., & Gutiérrez-López, A. (2012). *Incertidumbre y Confiabilidad de Métodos de interpolación especial en el complemento de Registros Hidrológicos* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Villanueva, S.F., & A.V. Botello. 1998. Metal pollution in coastal areas of Mexico. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 157, 53-94. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-0625-5_3.
- Wu, Y., Wang, X., Li, Y., Ya, M., Luo, H., & Hong, H. (2015). Polybrominated diphenyl ethers, organochlorine pesticides, and polycyclic aromatic hydrocarbons in water from the Jiulong River Estuary, China: levels, distributions, influencing factors, and risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 1–13. Recuperado de <http://doi.org/10.1007/S11356-015-4782-2>.
- Yang, W. ;, Yang, L. & Zheng, J. (n.d.). Effect of metal pollution on the water quality in Taihu Lake. *GeoJournal*, 401(2), 197–200. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00222545?LI=true>.
- Yuan, X., Yang, X., Na, G., Zhang, A., Mao, Y., Liu, G. & Li, X. (2015). Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in surface sediments from the sand flats of Shuangtaizi Estuary, China: levels, distribution, and possible sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(18), 14337–14348. Recuperado de <http://doi.org/10.1007/S11356-015-4688-Z>.

Bibliografía

- Espitia, N. (2014). Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales en cuerpos de agua del canal del dique en las poblaciones de Gambote y Soplaviento (Bolívar). *Determination of heavy metals in surface sediments in water bodies of the chaneel dike in populatio*, 17, 91–100. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11389>.
- Mancera-Rodríguez, N. J., & Álvarez-León, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de colombia. *Acta biológica colombiana*, 11(1), 3-23. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-548x2006000100001&lng=en&tlng=.
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua [plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and water]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>.
- Mongalo-Ebanks, F. B., Suárez- Sanchez, J., Siu-Estrada, E., Montoya-Arguello, J. J., Mairena-Valdivia, D. A., Flores-Pacheco, A., ... Valencia-Quintana, P. (2013). Concentración de plaguicidas en agua , sedimentos y ostiones (*Crassostrea rizophorae*) de la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua. *Wani*, 67(1), 49–54.
- Montuori, P., Aurino, S., Garzonio, F., & Triassi, M. (2016). Polychlorinated biphenyls and

- organochlorine pesticides in Tiber River and Estuary: Occurrence, distribution and ecological risk. *Science of the Total Environment*, 571, 1001–1016. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.089>
- Mrema, E. J., Rubino, F. M., Brambilla, G., Moretto, A., Tsatsakis, A. M., & Colosio, C. (2013). Persistent organochlorinated pesticides and mechanisms of their toxicity. *Toxicology*, 307, 74–88. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.11.015>
- Oliveira, A. H. B., Cavalcante, R. M., Duav, W. C., Fernandes, G. M., Nascimento, R. F., Queiroz, M. E. L. R., & Mendonza, K. V. (2016). The legacy of organochlorine pesticide usage in a tropical semi-arid region (Jaguaribe River, Cear, Brazil): Implications of the influence of sediment parameters on occurrence, distribution and fate. *Science of the Total Environment*, 542, 254–263. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.058>
- Pinto, M. I., Burrows, H. D., Sontag, G., Vale, C., & Noronha, J. P. (2016). Priority pesticides in sediments of European coastal lagoons: A review. *Marine pollution bulletin*, 112(1), 6-16. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.101>
- Saeedi-Saravi, S. S., & Dehpour, A. R. (2016). Potential role of organochlorine pesticides in the pathogenesis of neurodevelopmental, neurodegenerative, and neurobehavioral disorders: A review. *Life Sciences*, 145, 255–264. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.11.006>.
- Siebe, C. (1994). Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 10(1), 15-21. Recuperado de <http://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/30146>.

- Wang, S.-L., Xu, X.-R., Sun, Y.-X., Liu, J.-L., & Li, H.-B. (2013). Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 76(1), 7–15. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.025>
- Wu, Q., Zhou, H., Tam, N. F. Y., Tian, Y., Tan, Y., Zhou, S., ... Leung, J. Y. S. (2016). Contamination, toxicity and speciation of heavy metals in an industrialized urban river: Implications for the dispersal of heavy metals. *Marine Pollution Bulletin*, 104(1–2), 153–161. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.043>.
- Yang, D., Qi, S., Zhang, J., Wu, C., & Xing, X. (2013). Organochlorine pesticides in soil, water and sediment along the Jinjiang River mainstream to Quanzhou Bay, southeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 89, 59–65. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.11.014>.
- Zhu, H., Yuan, X., Zeng, G., Jiang, M., Liang, J., Zhang, C., ... Jiang, H. (2012). Ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Xiawan Port based on modified potential ecological risk index. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 22(6), 1470–1477. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(11\)61343-5](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61343-5).

ANEXOS

**ANEXO A Instrumento de
recolección de información directa**

④



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y FACULTAD DE HUMANIDADES

DIAGNÓSTICO DEL USO Y APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL DISTRITO DE RIEGO DE REPELÓN, ATLÁNTICO

Cultivar la tierra es una necesidad para los agricultores, pero también se convierte en una actividad de sustento, para las poblaciones de Colombia. Esta encuesta tiene como objetivo conocer las prácticas agrícolas que usted desarrolla.

Datos Generales

Nombres y apellidos	Eduardo Villa Escobar		
Edad	60 Años	Grado de escolaridad	Técnico Agrícola
¿Cuántos años ha vivido en la región?	60 Años	Actividad económica principal	Agricultura
Lugar de trabajo	Finca Cienegueta	Celular	300 436 1261
Correo electrónico	Eduardo.villaescobar1955@gmail.com		

I. Aspectos sobre Cultivos

Nombre del predio	finca Cienegueta	El predio es	Propio <input checked="" type="checkbox"/>	P
			Arrendado <input type="checkbox"/>	
			Otro <input type="checkbox"/>	
¿Cuántas hectáreas cultiva?	3 hectáreas de Maíz y 1 hectárea de Pastos, 5 hectáreas de Eucalipto	¿Qué cultiva usted?	Maíz y pastos para ganadería. Eucalipto	
¿Cuándo fue su última cosecha?	En Mayo, la segunda es en Noviembre	¿Cuáles son las plagas más frecuentes en su cultivo?	Gusanos cogolleros Gusanos Elliott Gusanos de hojas anchas Avispas • Mosquita blanca	

II. Aspectos sobre el Uso y Aplicación de Plaguicidas

Preguntas	Plaguicida 1	Plaguicida 2
¿Qué plaguicidas utiliza?	Lorban 46	Postage
¿Para qué tipo de plaga los utiliza?	• todas las clases de gusanos: Eliotis, cogolleros	• todo lo que se encuentre en las maderas lo quemamos.
¿Qué cantidad de plaguicida utiliza por hectárea?	1 litro por hectárea	1 litro por hectárea
¿Qué método utiliza para aplicar el plaguicida?	• bomba de espalda de 20 litros (manual)	• bomba de espalda (manual)
¿Hace cuántos años aplica el plaguicida?	Menor a 1 año	
	1-5 años	X 2 años
	5-10 años	
	Mayor a 10 años	X 40 años

La dosis del plaguicida está basado en	Instrucciones del vendedor		
	Según Etiqueta	1ero X	1ero X
	Recomendación de un tercero		
	A Criterio Propio(Calculo)	2do X	2do X
	Otro	3ero: técnicos Agrónomos	3ero: tec. Agrónomos
¿Con qué base realiza las aplicaciones de los plaguicidas para su cultivo?	Experiencia		
	Indicaciones del producto		
	El vendedor/vecino le dijo		
	Tuvo asesoría Técnica	X	X
¿En dónde compra los plaguicidas?	Almacén de insumos	X	X
	Cooperativas	X	X
	Asociaciones		
	Particular		
	Vecino		
	Veterinaria		
¿Cómo los solicita en los almacenes?	No sabe		
	Por nombre comercial	X	X
	Por ingrediente activo		
¿A qué hora del día los aplica?	Remedio para determinada Plaga		
	A.M.	5:00 am	5:00am
	P.M.		
	¿Por qué?	- Por las temperaturas	- Por las temperaturas
¿Cuál es la frecuencia de aplicación?		- Cuando se requiere. - Máximo 2 veces x cosecha	- Cuando se requiere
¿Qué cantidades aplica al mes?		- Preparación - Cuando se requiere	
¿Quién lo aplica?		- Trabajadores	
¿Qué hace con el plaguicida sobrante?		- Se almacena en un lugar seguro	- Se almacena
¿Qué hace con los envases vacíos?		- Envío carro de Aseo, apar tados en sacos.	- Envío Carro de Aseo

Anexo A. Instrumento de recolección de información directa. Por A. Torregroza-Espinosa., E. Martínez-Vergara., K. Scaldaferrero-Ruiz., L. Blanco-Pinto. & M. Benitez-Mojica, 2016.



III. Condiciones Ambientales y Percepción del Riesgo

Preguntas	SI	NO	¿Cuál?
¿Existen fuentes de agua cercanas a los cultivos?	X		Pozos, Aguas del D.R.
¿Utiliza el agua del distrito de riego de repelón?	X		
¿Sabe usted si las aguas de escorrentías de su finca llegan a alguna fuente de agua cercana?	X		Los pozos, la consumen los animales
¿Conoce usted el tipo de suelo de la región?	X		Suelo Arcilloso
¿Viven familias en los alrededores de los terrenos de cultivo?	X		6 viviendas
¿Se encuentran escuelas cercanas a los terrenos de cultivo?		X	
¿Ha recibido capacitaciones para el manejo de los plaguicidas?	X		-SENA -ICA -CRA -CORPOICA -Gobernación
¿Ha sufrido alguna contaminación por derramamiento o por daño del recipiente durante el transporte?	X		Comúnmente en ambos casos
¿Conoce las condiciones adecuadas para almacenar plaguicidas sobrantes?		X	• Cuanto solitario con estantes de madera clasificados en la finca.

¿En qué lugar almacena los plaguicidas?	En cajas plásticas aparte.		
← Nuevos: En su casa			
¿Cómo y/o en qué transporta los plaguicidas hasta el sitio de aplicación?	- En moto o bicicleta		
¿Qué equipos de protección utiliza para hacer la mezcla del plaguicida?	Guantes	X	Poncho de Caucho
	Mascarilla	X	Gafas
	Botas de caucho	X	Nada
¿Qué indumentaria utiliza al momento de aplicar los plaguicidas?	Guantes	X	Poncho de Caucho
	Mascarilla		Gafas
	Botas de caucho	X	Nada
	Plástico en la espalda		
¿Con cuánta frecuencia verifica que el equipo de protección a utilizar está en buen estado?	Nada		Ropa para Cubrir nariz o boca
	Cada semana		Cada dos semanas
	Cada mes		Antes de utilizarlo día
¿Con qué agita la mezcla de los plaguicida en el tanque y /o bomba?	Nunca		Mayor a cada mes
	Cuchara		Rama
Después de haber aplicado los plaguicidas se lava las manos para alimentarse	Mano		Instrumento especial
	Si	X	Lava las manos
			Con Agua y jabón (algunos)
			Solo agua
	No		No lo hace por
		Descuido	
		No es importante	
		No está dispuesto a esperar más tiempo para comer	
		No hay agua ni jabón	

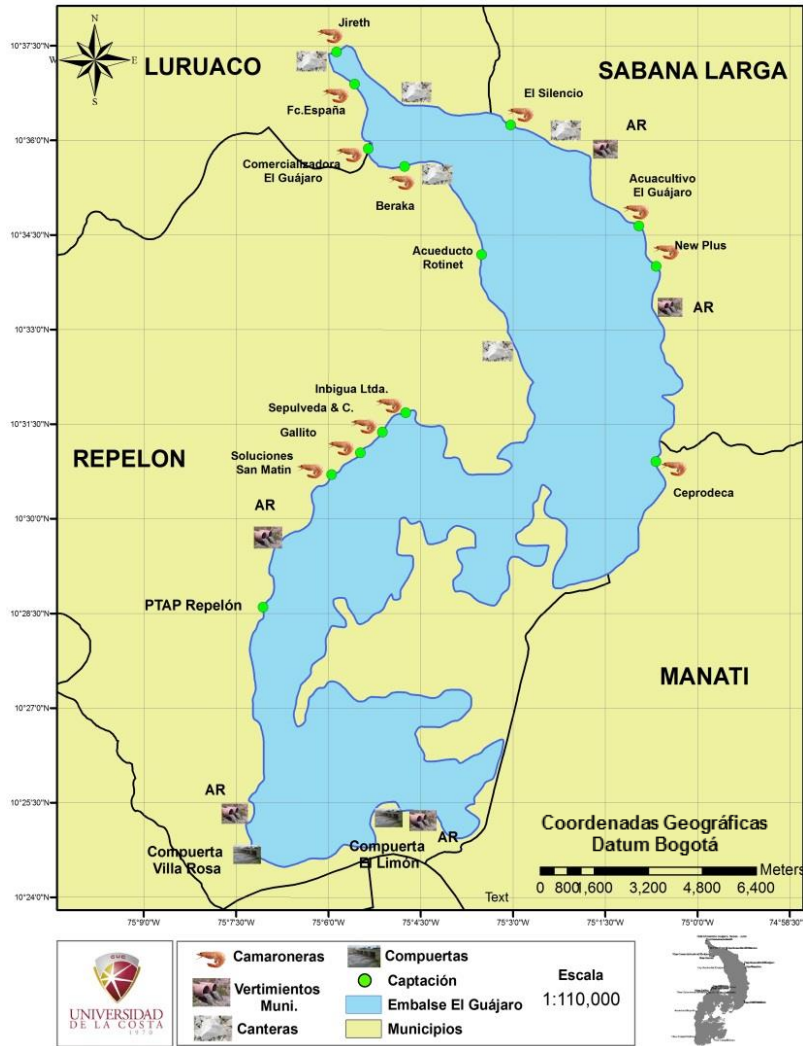


¿Conoce algún efecto que pueden ocasionar los plaguicidas sobre la salud humana?	
• Vómito	• Mareos
• Diarrea	• Dolores de cabeza otros

IV. Percepción del Cambio Climático

¿Conoce o sabe Usted qué es el cambio climático?	
• Sí, el cambio que se produce en una determinada región a una hora determinada en su temperatura o clima, por ejemplo: los fenómenos climáticos	
¿Considera que las actividades agrícolas pueden afectarse por el cambio climático?	
No	Si <input checked="" type="checkbox"/> ¿Cómo? Por falta de lluvia, por mucha lluvia, se dañan los cultivos con contaminación.
¿Considera que los pesticidas influyen en el cambio climático?	
No	Si <input checked="" type="checkbox"/> ¿Cómo? Porque son químicos y van a los cultivos y al medio ambiente.
¿Usted cree que las capacitaciones sobre el uso y manejo de plaguicidas podrían contribuir a mitigar el cambio climático?	
Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> ¿Por qué? Porque va cambiando la idea de las personas capacitadas y cambiar su modo de vida.
¿Usted cree que las otras técnicas para control de plagas y fertilizaciones donde no se utilizan los insumos químicos pueden contribuir con la reducción del cambio climático?	
Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> ¿Por qué? Porque no contamina.

**ANEXO B Entradas y extracciones
ubicadas en el embalse.**



Anexo B. Entradas y extracciones ubicadas en el embalse. Adaptado de “Modelación hidrodinámica y de calidad del agua para la gestión sostenible del embalse el guájaro.” por Padilla Coba, 2015. Universidad de la Costa, CUC.

**ANEXO C Plaguicidas evaluados en
la matriz de agua superficial, Embalse
El Guájaró.**

Plaguicidas Organoclorados	Plaguicidas Organofosforados
Cipermetrina	Clorpirifos
Andbhc	Malathion
Bndbhc	Diclorvos
Aldrín	Dimetoate
Endosulfan	Diazinon
Pndp'dde	Metil paration
Endosulfan ii	Fention
Endrinndaldehido	Tridemofon
Pndp'ddt	4,4'ndddd
Yndbhc	Cisndclorfenvinfos
Δndbhc	Fosalone
Heptacloro	Azinfos etil
Epoxido heptacloro	Mevinfos
Dieldrin	Profetamfos
Endrín	Metil clorpirifos
Mndp'ddd	Fenitrotion
Endosulfan sulfato	Lorsban
Alfandlindano	Etil paration
Betandlindano	Metil bromofos
Transndclordano	Endrin aldehido
Cisndclordano	Triazofos
Endosulfan i	Azinfos metil
4,4'ndddd	Pof totales
Metoxiclor	
Endrin cetona	
Gammandlindano	
Deltandlindano	
4,4'nddde	
4,4'ndddt	
Poc totales	

Anexo C. Plaguicidas evaluados. POC y POF Evaluados en las aguas del embalse el Guájaro, Atlántico. Por L. Blanco-Pinto., & M. Benitez-Mojica, 2016. Nota: no detectado.