



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cr, Pb, Cd, Cu, As) POR LA
METODOLOGÍA GFAAS, HGAAS y FLAA EN AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO
MAGIRIAIMO EN AGUSTÍN CODAZZI, CESAR**

AUTORES

KEVIN ANDREY GRANADA CHINCHILLA
ÁLVARO JAVIER OSORIO AVENDAÑO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022

**www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cr, Pb, Cd, Cu, As) POR LA
METODOLOGÍA GFAAS, HGAAS y FLAA EN AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO
MAGIRIAIMO EN AGUSTÍN CODAZZI, CESAR**

AUTORES

KEVIN ANDREY GRANADA CHINCHILLA
ALVARO JAVIER OSORIO AVENDAÑO

DIRECTOR

LORENA FELICIA SIERRA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

¡Este proyecto se lo dedicamos a nuestros padres y profesores que marcaron cada una de nuestras etapas en esta carrera, también a nuestros amigos que fueron apoyo y motivación en tiempos difíciles! Porque el hombre que tiene amigos ha de mostrarse amigo, y hay amigos más unidos que un hermano.

Kevin Andrey Granada Chinchilla; Alvaro Javier Osorio Avendaño



AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos primeramente a Dios por darnos la sabiduría, el entendimiento y la paciencia cada día para culminar este proyecto.

Agradezco a mis padres Yeny Avendaño y Francisco Osorio por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, por poner todo su esfuerzo y empeño en brindar todos los medios necesarios para cumplir mi sueño de ser profesional en el ámbito de la Ingeniería. A mi tía Kattia Osorio por poner toda su disposición para acompañarme durante mi carrera universitaria y a todos mis compañeros universitarios que estuvieron presentes durante mi formación académica (Álvaro Osorio).

Agradezco a mis padres Esauth Granada y mi madre Vicky Chinchilla por el apoyo desde el inicio de mi carrera y por la confianza brindada, un agradecimiento especial a Karoll Uribe por el apoyo y acompañamiento incondicional en estos procesos. (Kevin Granada)

Agradecemos a la Ing. Lorena Sierra por la orientación con este proyecto y a la Universidad Popular del Cesar por brindarnos los espacios necesarios para el desarrollo de nuestro proyecto.

Agradecemos a Laura Gómez, Luis Ángel Córdoba, Carlos Ferias y Leidy Pérez por la asesoría y el acompañamiento brindado durante la ejecución de este proyecto.

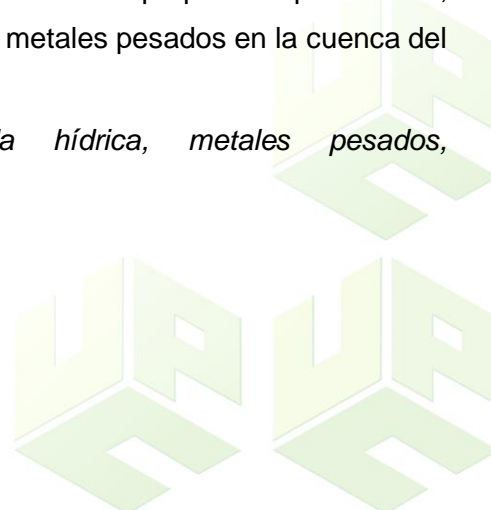
Kevin Andrey Granada Chinchilla; Álvaro Javier Osorio Avendaño



RESUMEN Y ABSTRACT

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. El río Magiriaimo es fuente abastecedora de agua potable del municipio Agustín Codazzi, además, es uno de los lugares turísticos del municipio ya que posee en sus alrededores gran diversidad de especies vegetales y animales. Sin embargo, según autoridades ambientales la ronda hídrica del río se está viendo afectada por diversas actividades antrópicas como fumigaciones, vertimientos industriales ilegales, contaminación de residuos sólidos, entre otros. La investigación tenía por objeto evaluar la presencia de metales pesados en el río, por medio de la caracterización fisicoquímica de muestras de agua, la determinación de metales por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA), y su comparación con los niveles máximos permisibles propuestos por la EPA, OMS y la resolución 0631 de 2015. Por medio de los resultados, se pudo determinar que no se detectó la presencia de metales pesados en la zona cabecera o zona alta del Río Magiriaimo. En el caso de la zona baja, se detectó solo la presencia de Plomo con una concentración de 11 µg/L, los demás metales pesados no fueron detectados en la zona baja del Río Magiriaimo. La concentración obtenida no supera los límites propuestos por la OMS, EPA, por ende, no existe contaminación significativa por metales pesados en la cuenca del Río Magiriaimo.

Palabras claves: Carga contaminante, ronda hídrica, metales pesados, espectrofotometría de absorción atómica





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



ABSTRACT

Heavy metals are a group of chemical elements that have a high density. The Magiriamo River is a source of drinking water for the Agustín Codazzi municipality, and it is also one of the tourist attractions in the municipality since it has a great diversity of plant and animal species in its surroundings. However, according to environmental authorities, the river's water zone is being affected by various anthropic activities such as fumigation, illegal industrial dumping, and solid waste contamination, among others. The purpose of the research was to evaluate the presence of heavy metals in the river, through the physicochemical characterization of water samples, the determination of metals through graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GFAAS), generation of hydride absorption spectrometric atomic concentration (HGAAS) and flame atomic absorption spectroscopy (FLAA), and its comparison with the maximum permissible levels proposed by the EPA, WHO and resolution 0631 of 2015. Through the results, it was possible to determine that it was not detected the presence of heavy metals in the headwaters or upper area of the Magiriamo River. In the case of the lower zone, only the presence of Lead with a concentration of 11 µg/L was detected in the lower zone, the other heavy metals were not detected in the lower zone of the Magiriamo River. The concentration obtained does not exceed the limits proposed by the WHO, EPA, therefore, there is no significant contamination by heavy metals in the Magiriamo River basin.

Keywords: Pollutant load, water round, heavy metals, atomic absorption spectrophotometry

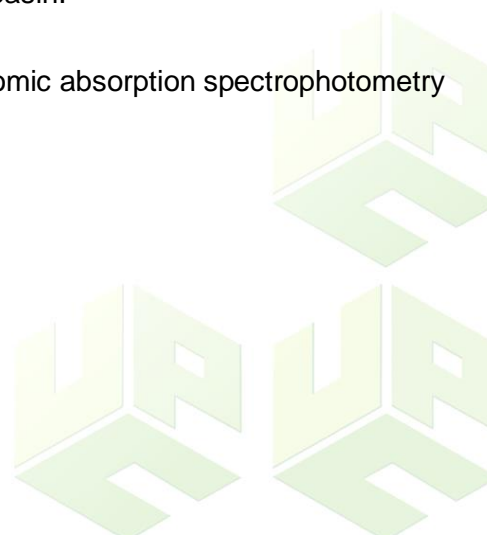


TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTOS | 4 |
| RESUMEN Y ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1. Planteamiento Del Problema | 14 |
| 2. Justificación..... | 16 |
| 3. Objetivos | 17 |
| 3.1 Objetivo General | 17 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 4. Marco De Referencia..... | 18 |
| 4.1 Antecedentes | 18 |
| 4.2 Marco Teórico | 21 |
| 4.3 Marco Conceptual | 31 |
| 4.4 Marco Contextual..... | 33 |
| 4.5 Marco Legal..... | 37 |
| 5. Marco Metodológico | 43 |
| 5.1. Línea Y Sublínea De Investigación | 43 |
| 5.2 Tipo De Investigación | 43 |
| 5.3 Nivel De Investigación | 43 |
| 5.4 Población De Estudio | 43 |
| 5.5 Muestra Poblacional | 43 |
| 5.6 Desarrollo Metodológico | 44 |
| 6. Resultados y análisis..... | 51 |

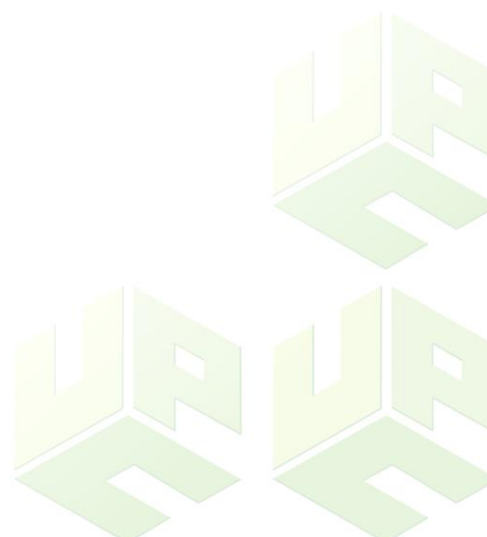
| | |
|--------------------------|----|
| 7. Conclusiones | 89 |
| 8. Recomendaciones | 91 |
| 9. Bibliografía | 92 |

ANEXOS



LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Origen de los metales pesados..... | 24 |
| Tabla 2 Límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) en agua, suelo y alimentos de consumo humano | 25 |
| Tabla 3 Normatividad aplicable | 37 |
| Tabla 4 Pesos obtenidos..... | 55 |
| Tabla 5 Resultados de la determinación de metales pesados en la muestra 1: cabecera | 64 |
| Tabla 6 Resultados de la determinación de metales pesados en la muestra 2: Zona baja | 65 |
| Tabla 7 Niveles máximos permisibles en parámetros fisicoquímicos y metales pesados propuestos por la Resolución 0631 de 2015 | 69 |
| Tabla 8 Niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la (EPA) y la (OMS) | 70 |
| Tabla 9 Comparación de los resultados de parámetros fisicoquímicos obtenidos vs OMS, EPA y Res. 0631 de 2015 | 72 |
| Tabla 10 Índice de carga contaminante | 75 |





LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Constituyentes del sistema de espectrofotometría de absorción atómica. | 29 |
| Figura 2 | Diagrama para la generación de hidruros con inyección de flujo (HGAAS)..... | 30 |
| Figura 3 | Diagrama espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA) | 31 |
| Figura 4 | Mapa del municipio de Agustín Codazzi | 36 |
| Figura 5 | Ubicación del río Magiriaimo | 37 |
| Figura 6 | Constituyentes del sistema de espectrofotometría de absorción atómica. | 48 |
| Figura 7 | Separador gas-liquido | 48 |
| Figura 8 | Puntos de muestreo..... | 51 |
| Figura 9 | Toma de muestras..... | 52 |
| Figura 10 | Determinación de pH | 53 |
| Figura 11 | Determinación de SST | 54 |
| Figura 12 | Determinación de la turbidez..... | 56 |
| Figura 13 | Determinación de oxígeno disuelto..... | 57 |
| Figura 14 | Titulación | 58 |
| Figura 15 | Titulación..... | 59 |
| Figura 16 | Titulación..... | 59 |
| Figura 17 | Titulación..... | 60 |
| Figura 18 | Espectrofotómetro de absorción Atómica marca GBC, modelo AVANTA | 62 |
| Figura 19 | Género de los encuestados | 77 |
| Figura 20 | Nivel de educación | 78 |
| Figura 21 | Integrantes de su hogar | 79 |
| Figura 22 | Predio de pertenencia propia | 80 |
| Figura 23 | Posee cultivos agrícolas en el predio..... | 80 |
| Figura 24 | Consumo de agua del río Magiriaimo | 81 |
| Figura 25 | Enfermedades por consumo de agua del río..... | 82 |
| Figura 26 | Conocimiento sobre vertimiento de aguas residuales | 83 |
| Figura 27 | Actividades que produzcan aguas residuales | 84 |
| Figura 28 | Lugar de vertimiento de aguas residuales | 85 |
| Figura 29 | Testigo de vertimiento de aguas residuales | 86 |



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Figura 30 Grado de contaminación del río.....87
Figura 31 Conocimeinto sobre daños ambientales ocasionados por el vertimeinto88



INTRODUCCIÓN

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (Molina, 2016).

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. La presencia en un alto porcentaje de metales pesados como: el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática mencionada (Organización Mundial de la Salud, 2012).

La presencia de metales pesados en el ambiente y los alimentos de acuerdo con lo descrito pueden desencadenar diversas intoxicaciones causando daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte (Díaz, 2016).

El río Magiriaimo es fuente abastecedora de agua potable del municipio Agustín Codazzi. Ubicado a una latitud de 10° 06' 00" N y una longitud de 73° 26' 00" W. En Agustín Codazzi el río Magiriaimo es uno de los lugares turísticos del municipio ya que posee en sus alrededores gran diversidad de especies vegetales y animales. Sin embargo, según autoridades ambientales la ronda hídrica del río se está viendo afectada por diversas actividades antrópicas como fumigaciones, vertimientos industriales ilegales, contaminación de residuos sólidos, entre otros.

Para cumplir con los objetivos se pretende realizar un análisis al agua del río Magiriaimo con la finalidad de determinar en ella la presencia de metales pesados provenientes de los vertimientos ilegales de cultivos y monocultivos aledaños por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA), el cual suministrará información importante para la determinación de estrategias de



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

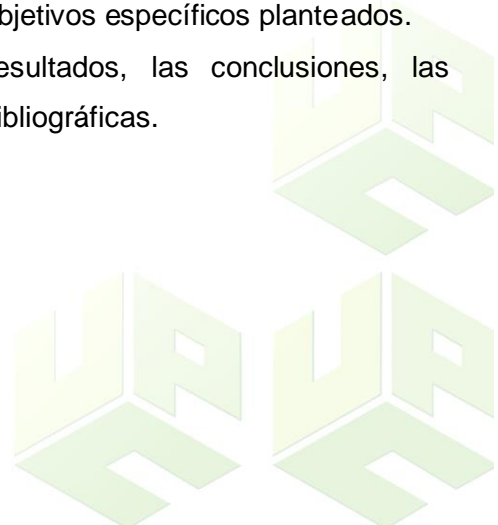


manejo sostenible en los ecosistemas acuáticos, garantizando los servicios ambientales prestados por este cuerpo hídrico y reduciendo los impactos ambientales negativos que se puedan generar en este ecosistema. Adicionalmente, se reducen los impactos en la salud humana por el consumo del recurso y alimentos que desarrollen bioacumulación de metales pesados por parte de los animales acuáticos y la flora existente en el río Magiriaimo.

La investigación se divide en nueve capítulos: en la parte inicial, se encuentra el planteamiento del problema, el cual describe las principales actividades que están afectando la calidad del agua del río Magiriaimo. Posteriormente se encuentra la justificación del proyecto y los objetivos a desarrollar, entre estos, el objetivo general y los objetivos específicos. El cuarto capítulo de la investigación corresponde al marco referencial, donde se encontrarán los antecedentes o estudios anteriormente desarrollados de orden nacional, relacionados con la determinación de metales pesados en agua y los aportes directos de estas; por otra parte, se encuentra el marco teórico, el cual describe las teorías significativas y la corriente en la que se enmarca la investigación, el marco conceptual, el cual menciona los conceptos claves para el desarrollo investigativo, la normatividad que rige el estudio de orden nacional y la contextualización del río Magiriaimo en el municipio de Codazzi.

El capítulo número cinco de la investigación, se titula desarrollo metodológico, el cual determina la línea, sublínea, población y muestra objeto de estudio y la descripción detallada de cada actividad que da cumplimiento a los objetivos específicos planteados.

Por último, se encuentra el capítulo de los resultados, las conclusiones, las recomendaciones de la investigación y las referencias bibliográficas.



1. Planteamiento Del Problema

La contaminación ambiental aumenta rápidamente como consecuencia del crecimiento poblacional e industrial. Una de las principales problemáticas de tipo ambiental es la contaminación de las fuentes hídricas causadas por agentes orgánicos e inorgánicos, destacándose entre los últimos, los metales pesados (Gao y Chen, 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud (2017), las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico, etc. son muy tóxicas y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones. A su vez, ingerir por medio de agua contaminada o alimentos metales pesados provoca que se acumulen en el organismo y puedan producir variados síntomas y patologías (OMS, 2017).

El río Magiriaimo ubicado en el municipio de Agustín Codazzi, es fuente abastecedora 100% del lugar, y según el director de la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Julio Suarez (2019), se evidencia que, en la ronda hídrica, existen intervenciones antrópicas a menos de los 30 metros, destacándose entre estas: vertimientos de aguas residuales, fumigaciones, recirculación de aguas de lavados en los distritos de riego, monocultivos y uso de pesticidas, entre otros.

Todo lo anterior, puede ocasionar en el ecosistema contaminación por metales pesados, la cual constituye un riesgo ambiental que se agudiza con la concentración, la especiación y la biodisponibilidad específica de cada metal (Pueyo et al., 2007). Según un estudio realizado en la Universidad de Texas (2012), los metales pesados cambian la alcalinidad del suelo, contaminan el agua y los cultivos, además, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación, degradar el suelo y disminuir su productividad. Por otra parte, según Cuci et al, (2005), los metales pesados pueden ser transportados por el agua lluvia y acumulados en los suelos y llegar al agua subterránea, afectando el crecimiento de plantas y especies arbóreas.

Las áreas de interés ambiental desde el punto de vista de conservación y protección que se localizan en la subcuenca del río Magiriaimo, están siendo explotadas por la instauración de monocultivos, que ponen en riesgo el estado de la fuente hídrica y la calidad



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



del agua debido a los vertimientos ilegales de aguas residuales que sobre él se realizan (CORPOCESAR, 2019).

Por otra parte, la contaminación que bordea la ronda hídrica del río Magiriaimo en Codazzi (Cesar) hicieron que el Comité de Gestión del Riesgo, el Cuerpo de Bomberos y la Secretaría de Planeación Municipal encendieran las alarmas ante la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar, con el fin de que interviniera el recurso, pues está siendo afectada principalmente por vertimientos ilegales de aguas industriales procedentes de diversos cultivos aledaños, los cuales pueden generar cargas contaminantes de metales pesados a la fuente hídrica y este desencadenar impactos negativos al ambiente y a la salud de los habitantes.

Formulación de la pregunta problema

¿Cómo puede la presencia de metales pesados en el del río Magiriaimo afectar la calidad del agua de la fuente abastecedora y limitar los servicios ecosistémicos que el recurso proporciona a la comunidad de Agustín Codazzi?



2. Justificación

El agua es fundamental para la vida y la salud. La realización del derecho humano a disponer de agua es imprescindible para llevar una vida saludable, que respete la dignidad humana. Es un requisito para la realización de todos los demás derechos humanos (OMS, 2005).

En virtud del derecho humano a disponer de agua, todas las personas deben tener agua suficiente, asequible, accesible, segura y aceptable para usos personales y domésticos, las entidades territoriales deben velar por la preservación del recurso hídrico y la calidad de sus servicios, sin alteración alguna (OMS, 2005).

Los ríos urbanos ofrecen múltiples beneficios ecológicos, además de procurar el bienestar social y desarrollo económico de las ciudades, producen seguridad a la sociedad frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones, control de escorrentías y en especial, los efectos del cambio climático (IDEAM, 2017).

El secretario de Planeación de Codazzi, Jimmy Palacio, informó que el río Magiriamo abastece de agua el municipio en un 100% siendo esa el principal afán de validar constantemente la calidad del agua del afluente, que no represente un riesgo para la salud de las personas que se proveen de este recurso.

El estudio de la presencia de metales pesados en aguas del río Magiriamo, suministrará información importante para la determinación de estrategias de manejo sostenible en los ecosistemas acuáticos, garantizando los servicios ambientales prestados por este cuerpo hídrico y reduciendo los impactos ambientales negativos que se puedan generar en este ecosistema. Adicionalmente, se reducen los impactos en la salud humana por el consumo del recurso y alimentos que desarrollen bioacumulación de metales pesados por parte de los animales acuáticos y la flora existente en el río Magiriamo.

La investigación pretende realizar un análisis al agua con la finalidad de determinar en ella la presencia de metales pesados provenientes de los vertimientos ilegales de cultivos y monocultivos aledaños, que ponen en riesgo la calidad de los servicios, Estableciendo figuras de protección y conservación sobre las zonas que se plantean proteger, de gran importancia desde el punto de vista hídrico.



3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Determinar la presencia de metales pesados (Cr, Pb, Cd, Cu, As) por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA) en aguas superficiales del río Magiriaimo en Agustín Codazzi, Cesar.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente muestras de agua del río Magiriaimo tomadas antes y después del vertimiento de aguas residuales procedentes de cultivos agrícolas.
- Cuantificar la carga contaminante de metales pesados (Cr, Pb, Cd, Cu, As) por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA).
- Comparar los niveles de concentración de metales pesados presentes en las muestras con los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS).



4. Marco De Referencia

4.1 Antecedentes

A continuación, se detallan cinco (5) estudios e investigaciones científicas relacionados con el proyecto de grado, que servirán como base para el desarrollo de esta, gracias a los aportes y conocimientos de los autores correspondientes. Los antecedentes son una revisión bibliográfica de estudios relacionados que permiten evaluar los diferentes métodos, análisis y conclusiones realizadas con anterioridad.

Saad, N., (2019), desarrolló la investigación titulada: tendencia en la investigación sobre los metales pesados (cd, tendencia en la investigación sobre los metales pesados (Cd, Cr, As, Hg, Pb, Zn) y su afectación en el río Bogotá, para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. La finalidad de la investigación fue: Determinar la tendencia de la investigación científica respecto a los metales pesados presentes en el río Bogotá, la forma en que estos inciden en el cuerpo de agua y en los espacios circundantes evaluando su alto grado de toxicidad, por medio de la recopilación, análisis y tratamiento de datos. El estudio se dividió en 4 etapas, y estas fueron: La ETAPA 1: consistió en identificar la producción investigativa (artículos de revista, libros, entrevistas, seminarios, proyectos de grado, entre otros) de las diversas áreas del conocimiento que traten de los metales pesados en el río Bogotá. La ETAPA 2: se basó en caracterizar y clasificar los estudios investigativos de tal manera que posibilite realizar un análisis que permita comprender las tendencias y comportamiento de la comunidad científica respecto a este fenómeno. La ETAPA 3: consistió en determinar la importancia de los metales pesados y su afectación en el ecosistema del río, como para la salud humana. En la ETAPA 4: el autor, presentó un análisis de los resultados con el fin de generar conclusiones que permitan resaltar el grado de contaminación del río Bogotá y su importancia para la comunidad investigativa. La investigación permite establecer los límites por las entidades como bases metodológicas y de revisión de parámetros relevantes en la investigación.

Ariza A., et. Al., (2017), desarrollaron la investigación titulada: determinación de la contaminación por metales pesados en el embalse el Guájaro, departamento del Atlántico, para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad de la Costa, Barranquilla,



Colombia. El objetivo de este proyecto de investigación consistió en determinar las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, Zn) en agua y sedimento del Embalse El Guájaro, Departamento del Atlántico. La investigación se realizó por medio de 3 etapas. La ETAPA 1: consistió en analizar las posibles fuentes de la contaminación metales pesados (Hg, Pb y Zn) en el embalse El Guájaro. La ETAPA 2: en esta fase, el autor determinó las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb y Zn) en agua y sedimento del embalse El Guájaro. La ETAPA 3: consistió en correlacionar el pH y el contenido de MO con las concentraciones de metales pesados en sedimentos del embalse El Guájaro. Los resultados obtenidos en la matriz de agua se pueden observar que para el Hg las concentraciones se mantuvieron constantes entre los puntos de muestreo (< 0.002 mg/l). Para el Zn se encontró que la zona sur y norte presentaron las concentraciones más altas (0,8 - 1,30 mg/l, respectivamente) y las concentraciones de Pb estuvieron por debajo del límite de detección del equipo. La investigación nos permite obtener una guía metodológica de la determinación de metales pesados en agua y los efectos de estos sobre los recursos mencionados.

Ramos Y; Salas K (2015), desarrollaron la investigación titulada: evaluación de metales pesados en aguas superficiales en el área de influencia al emisario submarino en el corregimiento de Punta Canoas departamento de Bolívar, para optar por el título de ingeniero químico en la Universidad de Buenaventura seccional Cartagena, Colombia. La finalidad de la investigación fue evaluar los niveles de concentración de metales pesados en este caso cadmio Cd) en aguas superficiales aledaños al emisario submarino en el corregimiento de Punta Canoas, usando como técnica la espectroscopia de absorción atómica, para el diagnóstico de los metales pesados en el cuerpo de agua. Se realizó por medio de 3 fases, la primera fue establecer la zona geográfica, para el diagnóstico en los metales con mayor influencia. La segunda fase fue la elaboración de un plan de muestreo en la zona establecida donde desembocan las aguas residuales de Cartagena de acuerdo con las normas establecidas NTC-ISO 5667/1:1995, NTC-ISO 5667/2:1995 y NTC-ISO 5667/3:1995, y, por último, la determinación de las variables en el plan. Los resultados determinados por medio de la técnica EAA de llama, no cumplen con la norma establecida en Colombia, la cual nos indica que el límite máximo permisible para metales pesados

vertidos al mar es de 0.005 mg/L y en las estaciones ubicadas en la zona de influencia aparecen valores hasta de 0.1859 uno de los más altos y se encuentra justo en la última estación E5A. El proyecto aporta la metodología más apropiada para la determinación de metales pesados en la investigación.

Doria, C., et. Al., (2015), desarrolló la investigación titulada: niveles y distribución de metales pesados en el agua de la zona de playa de Riohacha, La Guajira, Colombia, para optar por el título de doctor en ciencias químicas en la Universidad de la Guajira, Riohacha, Colombia. La finalidad del estudio fue determinar niveles y distribución de metales pesados en el agua de la zona de playa de Riohacha, La Guajira, provenientes de actividades producto de la dinámica de la ciudad, relacionadas con la infiltración de aguas residuales, acumulación de residuos sólidos orgánicos y descargue de sedimentos del rio Ranchería. La investigación se dividió en 3 etapas. La ETAPA 1: consistió en la toma de muestras de agua de mar en cuatro puntos de un sector de aproximadamente 2.5 km de playa, durante ocho meses en el año 2013, en épocas de lluvia y sequía. La ETAPA 2: en esta fase, el autor realizó análisis fisicoquímicos a las muestras de agua recolectadas, como pH, oxígeno disuelto, conductividad térmica, nitrato, amonio, etc. La ETAPA 3: las muestras fueron filtradas al vacío (filtro Whatman de fibra de vidrio 0.45 μm , 0.47mm \varnothing y acidificadas con HNO₃ hasta pH 2.0 y refrigeradas a 4.0 °C (APAHA-AWWA- WPCF, 2005), hasta posterior digestión y análisis por espectrofotometría de absorción UV-Visible (Espectrofotómetro HACH DR 5000). Los resultados evidenciaron que Las condiciones fisicoquímicas del agua de mar en cuanto a los valores de pH con promedio de 8,22, oxígeno disuelto de 4,76 mg/L y conductividad de 57150 $\mu\text{S}/\text{cm}$; son acordes con estos tipos de agua y considerados normales para esta región, además se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación colombiana (Decreto 1594 de 1984). La distribución en cuanto a la concentración de los metales pesados (mg/L) disueltos en las muestras en forma decreciente fueron: Co>Mn>Fe>Ni>Zn>Cu. El trabajo aporta conocimientos relevantes acerca de la contaminación generada por metales pesados en aguas superficiales.

Sánchez, R. (2014), desarrolló la investigación titulada: Determinación de la contaminación por metales pesados (plomo, cromo, cadmio y mercurio) en aguas del río cauca, en la zona urbana de la ciudad de Cali y evaluación de la mutagenicidad utilizando

el test de Ames, para optar por el título de Magíster en Ciencias Químicas, de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. El objetivo de la investigación fue evaluar la contaminación por metales pesados (mercurio, cromo, plomo y cadmio), en aguas superficiales del río Cauca a su paso por la ciudad de Santiago de Cali, durante el período 2008, 2009 y 2013, y la mutagenicidad, por medio del bien establecido Test de Ames. La investigación se realizó por medio de 4 etapas. La ETAPA 1: consistió en extraer los metales objeto de esta investigación usando la resina Amberlite XAD-16, separándolos en tres especies fisicoquímicas: metales asociados a sustancias húmicas, iones metálicos libres y metales en sólidos suspendidos. La ETAPA 2: se realizó la cuantificación de los metales por Absorción Atómica donde el Cd, Cr y Pb se determinarán con la técnica de atomización con horno de grafito, y el Hg con la técnica de generación de vapor frío. La ETAPA 3: consistió en determinar el índice de mutagenicidad de las fracciones extraídas con la resina Amberlite XAD-16. La ETAPA 4: en esta fase, el autor evaluó la posible correlación estadística que pueda existir entre la presencia de los metales (Cd, Cr, Pb y Hg) y el índice de mutagenicidad. Los resultados de la investigación indican una alta concentración de los metales pesados en las muestras analizadas en este segmento y en el período de tiempo evaluado no sobrepasan los límites permitidos por la EPA en aguas de consumo humano, se encontró una leve correlación con los índices de mutagenicidad observados, tanto en las temporadas secas especialmente en las temporadas lluviosas, después de la desembocadura del canal colector sur. La investigación aporta una base teórica y metodología fundamental y relevante sobre las consecuencias y los efectos de los metales pesados en organismos y el ambiente, resaltando la importancia de la investigación.

4.2 Marco Teórico

A continuación, se mencionan un conjunto de teorías relacionadas con el estudio, las cuales sirven como soporte teórico que contextualiza al lector del tema de la investigación. El marco teórico precisa la corriente de pensamiento en la que se enmarca la investigación. Se describirán teorías acerca de los metales pesados, su origen, impacto en el medio ambiente y salud humana; así como la metodología empleada para la determinación de estos.



4.2.1 Metales Pesados

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Eris, 2006).

Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos (Rahimi, 2013).

Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones (Rahimi, 2013).

4.2.1.1 Características De Los Metales Pesados

-Cadmio. Es relativamente raro en la naturaleza se asocia al zinc. Es de color blanco ligeramente azulado. Peso atómico 112 y densidad relativa 8. Tiene ocho isótopos estables y presenta once radioisótopos inestables de tipo artificial (Eris, 2006).

Naturalmente no se encuentra en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinado de los minerales de zinc. Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Bélgica, Luxemburgo y República de Corea son productores importantes. El cadmio se usa en pinturas, plásticos, pilas, baterías, abonos, soldaduras, asbestos, pigmentos, barras (reactores nucleares), farmacéutica, fotografía, vidrio, porcelana, etc. (Zamora, 2008).

La Organización Mundial de la Salud (2015) menciona que la presentación y severidad de los signos, síntomas y alteraciones en el organismo se relaciona con las cantidades, el tiempo de exposición y con la vía de entrada del metal. En exposición crónica se observa anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos (cefalea, vértigo, alteración del



sueño, temblores, sudoración, paresia, contracciones musculares involuntarias), pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata y pulmón. En intoxicación aguda hay neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, dolor abdominal, diarrea, fallo renal, y finalmente puede ocurrir aberraciones cromosómicas, efectos teratogénicos y congénitos. En riñón (túbulos renales) se puede acumular hasta por 30 años (Wason, 2005).

-Arsénico. Número atómico es 33, se distribuye ampliamente en la naturaleza, peso atómico 74. Tiene 17 nucleídos radiactivos. La forma metálica es conductor térmico y eléctrico fácil de romper y de baja ductilidad (ACSA, 2014).

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn (ACSA, 2014).

El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel, anticorrosivos, vidrio, cerámica, pinturas, pigmentos, medicamentos. En alimentación animal como factor de crecimiento, gases venenosos de uso militar, etc. (Pereira, 2013).

En humanos la toxicidad crónica con arsénico causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones vasculares en sistema nervioso e hígado. Las complicaciones agudas aparecen por exposición a dosis elevadas y pueden ser letales, sus primeros efectos suelen ser fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia (Pereira, 2013).

-Plomo. Número atómico 82, peso atómico 207, color azulado, Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos (Hardman, 2011). En la industria, los compuestos más importantes son óxidos y tetraetilo de plomo, forma aleaciones con estaño, cobre, arsénico, bismuto, cadmio y sodio. El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva (Rahimi, 2013).

Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo (Rahimi, 2013).

Se usa como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, en monitores de computadores y pantallas de televisión, joyería, latas de conserva, tintes para el pelo,



grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, plomadas, armamento, radiación atómica, insecticidas, etc. (Rahimi, 2013).

-Mercurio. Número atómico 80 y peso atómico 200. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente. El mercurio forma soluciones amalgamas con otros metales (oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio), se encuentra comúnmente como sulfuro, también como rojo de cinabrio, en menor abundancia metal cinabrio negro y el menos común cloruro de mercurio (Eris, 2006).

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire, por consiguiente, no puede mojar la superficie con la cual esté en contacto (Eris, 2006).

La neurotoxicidad se manifiesta con temblores y pérdida de sensibilidad en dedos de ambas extremidades, ataxia, pérdida de visión y audición, espasmos y finalmente coma y muerte (Zamora, 2015).

4.2.2 Origen De Los Metales Pesados

Se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas (Zamora, 2015). A continuación, se indican posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados:

Tabla 1

Origen de los metales pesados

| Origen de contaminación | Metal pesado involucrado |
|--|----------------------------------|
| Natural, proveniente del suelo | Cadmio, bromo, flúor, cobre |
| Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos | Arsénico, cobre, plomo, mercurio |



| | |
|--|--|
| Del suelo arenoso y envase de vidrio | Silicio |
| Debido al almacenamiento | Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio |
| Por oxidación en el envase | Hierro y cobre |
| Debido al procesamiento | Cobre, cadmio, arsénico |
| Suplementos alimenticios en dietas de animales | Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico |

Fuente: adaptado de Londoño, 2014

Nota: La tabla muestra las posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados

4.2.3 Contaminación De Metales Pesados Por Aguas Contaminadas

Para el caso de contaminación por metales pesados en alimentos, los límites máximos permisibles en concentración de metales pesados establecidos por la unión europea y la FAO varían de acuerdo con el tipo de agua.

Tabla 2

Límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) en agua, suelo y alimentos de consumo humano

| Tipo de agua | Unidad | Hg | As | Cd | Pb |
|----------------------------|--------|--------|------|------|------|
| Agua de consumo humano | Mg/L | 0,001 | 0,05 | 0,01 | 0,05 |
| Agua Marina y de estuarios | | 0,0001 | 0,05 | 0,05 | 0,01 |
| Agua de uso agrícola | | 0,001 | 0,1 | 0,01 | 0,05 |
| Agua para uso pecuario | | 0,01 | 0,2 | 0,05 | 0,05 |

Fuente: FAO, 2016



Nota: la tabla muestra los límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) en agua, suelo y alimentos de consumo humano según la FAO

Una de las causales responsables de la incorporación de metales pesados en alimentos es a través de los sistemas hídricos. Ya sea por uso de aguas contaminadas para riego de cultivos o por los procesos que tienen lugar en la cadena alimenticia en aguas contaminadas (FAO, 2016).

Los numerosos estudios e inversiones resaltan el gran interés y preocupación en diferentes países del mundo sobre la necesidad de evaluar la contaminación de metales pesados en sistemas de agua que interactúan con productos de consumo humano tales como los alimentos de origen vegetal y animal (FAO, 2016).

Actualmente uno de los mayores problemas a nivel ambiental es la contaminación de las fuentes hídricas del mundo por metales pesados, ya que es debido a la toxicidad que presentan los metales pesados en el agua de los ríos, que son considerados como un serio problema para los habitantes de las poblaciones que se abastecen de dichos ríos en especial si se considera que el incremento en la concentración de estos metales en las fuentes hídricas procede de las diversas actividades antropogénicas, elevando además los efectos potencialmente nocivos sobre los diferentes sistemas ecológicos y el ambiente, los cuales son el soporte de la vida humana lo cual acarrea serios problemas a nivel económico tanto a nivel local como nacional debido al aumento en los costos de los tratamientos médicos y una disminución en la productividad de los habitantes de la zona (Cartaya, 2008).

Dentro de los principales factores que afectan los ecosistemas por contaminación por metales pesados, se encuentra las actividades humanas donde destacan como mayoritarias las operaciones de tipo minero y de fundición entre otras actividades de tipo industrial y urbana, donde se tiene que la tasa de contaminación del agua puede rondar cerca de los 200 millones de metros cúbicos diarios (Cartaya, 2008). Este hecho conlleva un gran número de problemas tanto en la vida de las plantas ya que estos metales acaban depositados en los suelos transportados hasta los mismos por los ríos, como por ejemplo la disminución del crecimiento o el amarillamiento de las hojas (clorosis), como en la vida humana donde los efectos pueden ser erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e

hígado, cáncer de pulmón, afecciones cardiacas, óseas, testiculares y del sistema nervioso central y periférico o la muerte (Nava, 2011).

4.2.3 Contaminación Por Metales Pesados En Colombia

En las últimas décadas los estudios de calidad de los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) han tenido un creciente interés por aspectos como: el incremento de la población en sus riberas, el creciente grado de industrialización, los aportes de los sectores agrícolas, ganaderos y mineros. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en diferentes matrices es por la elevada toxicidad, la alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos, sus efectos no se detectan fácilmente a corto plazo. La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser ab-sorbidos por los seres vivos (IDEAM, 2014).

En Colombia, durante el año 2013, se realizaron 169 muestreos de cadmio, 180 muestreos de cromo y plomo y 104 muestreos de mercurio (IDEAM, 2014). Con respecto al Hg, según se reporta los valores de concentración más altos se encuentran en el río Marmato, Nechí, Magdalena, Guachal y río Coello. Con respecto al Cd las mayores concentraciones se identificaron en río Negro, río Bogotá y río Cararé. En los ríos Marmato, Bogotá, Cauca la Pintada, Achi y Pinillos registraron las concentraciones más altas en Pb (IDEAM, 2014).

Las prácticas de cultivo utilizan comúnmente abonos orgánicos, agroquímicos y plaguicidas en gran cantidad (Pesca, 2015) y se ha determinado que la aplicación de fungicidas, pesticidas y fertilizantes presentan sobredosificación en cantidad y frecuencia de aplicación (Torres & Ramírez, 2014) que incrementa la probabilidad de presencia de metales pesados en suelos agua y alimentos (CONPES, 2014).

Es evidente el hecho de que la principal fuente de metales pesados radica en las actividades industriales realizadas por la humanidad, esto afecta de forma considerable no solo la vida humana si no a los animales, las plantas, las fuentes hídricas y los suelos, en otras palabras, afecta toda la cadena trófica debido a la descarga de metales pesados al ambiente. De hecho, en diferentes partes de Colombia es frecuente encontrar reportes de metales pesados asociados a la industria, la actividad agrícola y la minería de la siguiente

manera: mercurio en fuentes de agua (quebradas, lagunas) de Meta, Boyacá y Antioquia. Arsénico en cultivos como hortalizas y legumbres en Nariño, diversos vegetales y aguas contaminados con plomo y mercurio en Chocó, así como uso indiscriminado de mercurio y cianuro en explotación minera, especialmente de oro en el Nordeste y Bajo Cauca (Antioqueño), Marmato (Caldas) y en más de 500 minas de todo el país (IDEAM, 2014).

4.2.4 Métodos Para Determinar Metales Pesados

4.2.4.1 Espectrofotometría De Absorción Atómica Con Horno De Grafito: Dentro de los métodos espectrométricos de análisis para identificar y cuantificar elementos presentes en distintas matrices, se encuentra la espectrometría óptica atómica. Este método convierte elementos presentes en una muestra en átomos o iones elementales en estado gaseoso por medio de un proceso denominado atomización.

Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la aplicación de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electrotérmica en horno de grafito.

La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa.

El principio del método se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente.

El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas: *Secado*. Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es

sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz.

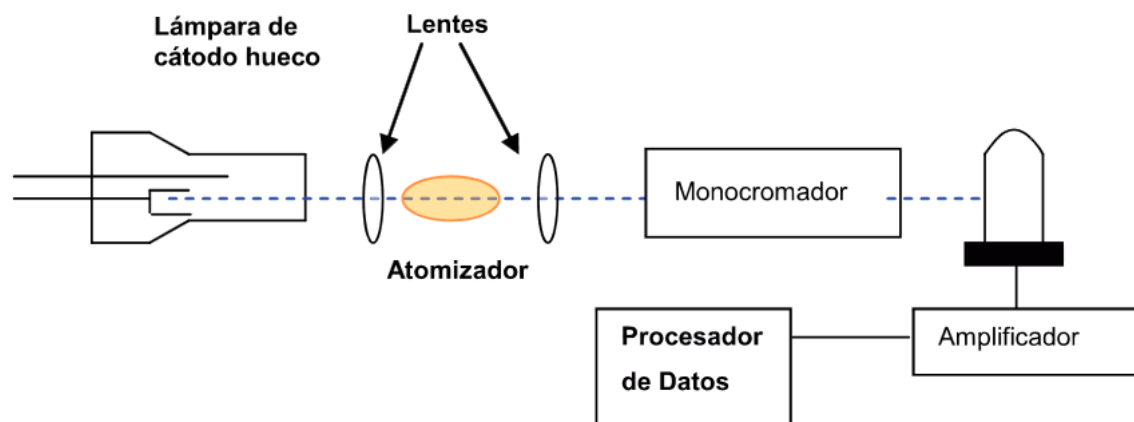
Calcinado. El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados.

Atomización. En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento.

Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias.

Figura 1

Constituyentes del sistema de espectrofotometría de absorción atómica.

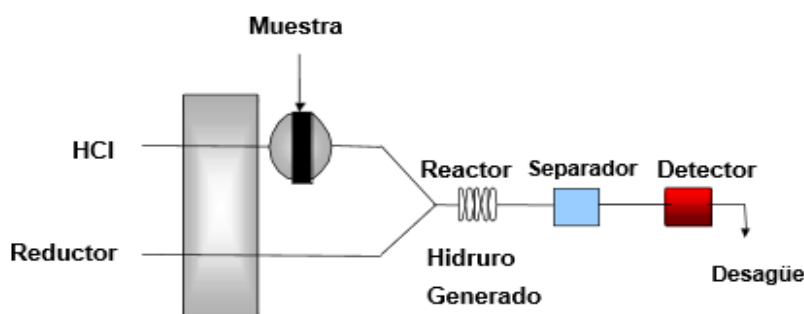


Fuente: EPA, 2015

4.2.4.2 *Generación De Hidruro De Absorción Atómica Espectrométrica (HGAAS):* La Generación de Hidruros ha sido empleada por más de 100 años para la determinación de arsénico en métodos conocidos como la reacción de Marsh o el test de Gutzeit. Alrededor de 1970 se introdujo la generación de hidruros para superar problemas que se presentaban en el análisis por absorción atómica de arsénico y selenio. En los siguientes años, con las incuestionables ventajas del método se amplió su aplicación a prácticamente todos los elementos que forman hidruros volátiles, llámese arsénico, antimonio, bismuto, germanio, plomo, selenio, telurio y estaño. Desde 1985, esta técnica es usada ampliamente en análisis de diversos tipos de muestra: ambientales, biológicas, alimentos, agrícolas, geológicas, metalúrgicas, plásticos, etc. Las razones que hacen popular a la generación de hidruros son varias. La mayor razón se encuentra en el principio del método. Éste involucra una preconcentración del analito y su separación de la matriz de la muestra. Esto da como resultado una superior sensibilidad, y, sobre todo, una fuerte supresión de interferencias durante la atomización. Otra razón de importancia es la de su fácil aplicación y los bajos costos operativos (De la Cruz, 2002).

Figura 2

Diagrama para la generación de hidruros con inyección de flujo (HGAAS)



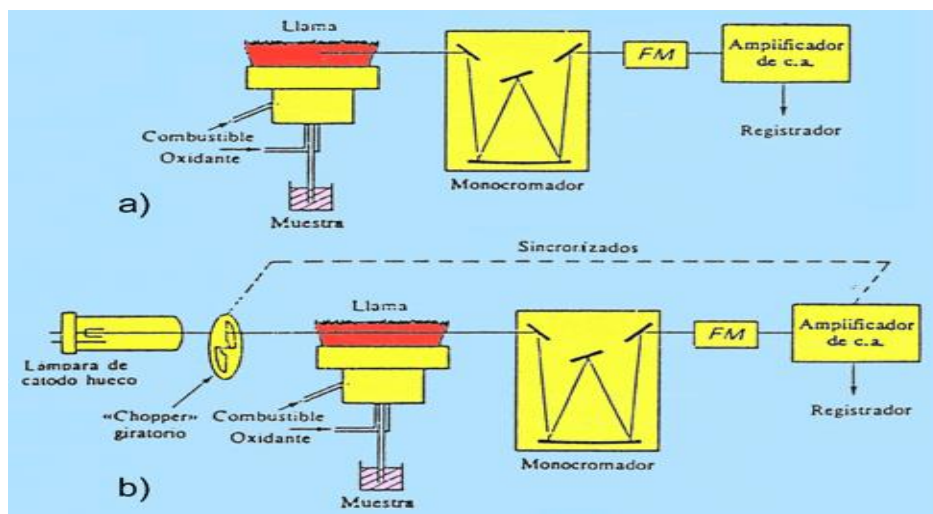
Fuente: EPA, 2015

4.2.4.3 *espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA)*: La técnica AAS se basa en el principio de que los átomos libres en estado fundamental pueden absorber la luz a una cierta longitud de onda. La absorción es específica, ya que cada elemento absorbe a longitudes de onda únicas.

Las muestras son atomizadas por medio de una llama o por métodos electrotérmicos. En ambos casos, la energía térmica es utilizada para evaporizar la muestra y romper los enlaces químicos de las moléculas.

Figura 3

Diagrama espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA)



Fuente: proyecto arsénico, 2013

4.3 Marco Conceptual

A continuación, se menciona el marco conceptual de la investigación describiendo términos que se usan con mayor frecuencia en el desarrollo del proyecto. El marco conceptual tiene por finalidad explicar términos para facilitar la comprensión de la investigación para los interesados. Los términos a continuación se mencionan en orden alfabético.

Agua Ácida: Son aguas que se producen como resultado de la oxidación química y biológica de sulfuros metálicos, especialmente pirita o pirrotita, que se pueden encontrar presentes o formando parte de botaderos, relaves, basuras municipales (Iglesias, 2018).

Agua Blanda: describe el tipo de agua que contiene pocos o ningún mineral, como los iones de calcio (Ca) o magnesio (Mg). Por lo general, el término es relativo al agua dura, que sí que contiene cantidades importantes de estos iones (Nava, 2011).

Agua Segura: El agua segura es aquella que por su condición y tratamiento no contiene gérmenes ni sustancias tóxicas que puedan afectar la salud de las personas (OMS, 2016).

Agua Subterránea: El agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. En general, mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona, por ello, en las regiones árticas, puede helarse (OMS, 2016).

Agua Superficial: son todas aquellas quietas o corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) y que, de forma general, proceden de las precipitaciones de cada cuenca (OMS, 2016).

Calidad Del Agua: Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar (IDEAM, 2015).

Ciclo Del Agua: El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos que forman la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, porque el agua solo se traslada de unos lugares a otros, o cambia de estado físico (Iglesias, 2018).

Contaminación Del Agua: es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud (IDEAM, 2014).

Contaminantes Tóxicos Del Agua: Compuestos que no son encontrados de forma natural en el agua y vienen dados en concentraciones que causan la muerte, enfermedad, o defectos de nacimiento en organismos que los ingieren o absorben (Zamora, 2008).

COP's: contaminantes Orgánicos Persistentes, compuestos complejos que son muy persistentes y difícilmente biodegradables (Zamora, 2008).

ESCORRENTÍA URBANA: aguas procedentes de las calles de las ciudades con propiedades domésticas que transportan contaminantes al sistema de alcantarillado y reciben aguas (Nava, 2011).

Escorrentía: parte del agua de precipitación que discurre por la superficie de la tierra hacia corrientes u otras aguas superficiales (Eurachen, 2014).

Metal Pesado: metal que tiene una densidad de 5.0 o mayor y elevado peso elemental. La mayoría son tóxicos para el ser humano, incluso a bajas concentraciones (Rahimi, 2013).

Monitorización Del Agua: proceso constante de control de un cuerpo de agua por muestreo y análisis (Eurachen, 2014).

Neutralización: la adición de sustancias para neutralizar el agua, tal que no sea ácida ni tampoco básica. Neutralización no significa especialmente pH de 7.0, solamente significa el punto de equivalencia de una reacción ácido-base (Rahimi, 2013).

SDT: sólidos disueltos totales. El peso por unidad de volumen de agua de sólidos suspendidos en un medio de filtro después de la filtración o evaporación (Rahimi, 2013).

4.4 Marco Contextual

El marco contextual, tiene por finalidad, como su nombre indica poner en contexto al lector del lugar donde se realizará la investigación. El desarrollo del proyecto se enmarca en el Rio Magiriaimo, municipio de Codazzi. A continuación, se mencionan los aspectos geográficos, climáticos, sociales, económicos, del municipio y del rio Magiriaimo.

4.4.1 Agustín Codazzi

Agustín Codazzi se encuentra ubicado en la parte norte del departamento del Cesar, a 45 minutos de la capital del departamento de Valledupar, a una distancia de 60 Km. El municipio está conformado por 42 barrios. Este posee diversidad de climas debido a que parte de su territorio la conforma la serranía del Perijá (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015). Es la tercera Ciudad en población e importancia del departamento del Cesar, Es un importante centro en producción agroindustrial, Agrícola y ganadera en el departamento, Además es el 8° Productor de carbón de Colombia. Posee una situación geográfica

estratégica que favorece su integración con los mercados regionales y los principales centros exportadores del país. Se encuentra a 60 km de la capital del departamento Valledupar y a muy pocos km de la frontera de Venezuela (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Descripción Física: El municipio de Agustín Codazzi se encuentra ubicado en la parte norte del Departamento del Cesar, a 45 minutos de la capital del Departamento del Cesar Valledupar, a una distancia de 60 Km. El municipio está conformado por 42 barrios. El Municipio posee diversidad de climas debido a que parte de su territorio la conforma la Serranía del Perijá (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Límites del Municipio: Limita por el norte con el municipio de La Paz y Sandiego, por el sur con el municipio de Becerril, por el occidente con el municipio de El Paso y por el oriente con la serranía del Perijá, que sirve de límite natural entre Colombia y Venezuela (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Extensión Área Urbana: 5.49 Km²

Extensión Área Rural: 1733.51Km²

Altitud de la Cabecera Municipal (metros sobre el nivel del mar): 131

Temperatura Media: 28° C

Distancia de Referencia: 60 km de Valledupar.

Demografía: Los habitantes del territorio municipal de Agustín Codazzi son producto de grandes migraciones procedentes de los Santanderes, Valle, Tolima, Huila y Cundinamarca, interrelacionados con los pobladores locales y de La Guajira, de las sábanas de Bolívar, Sucre y Córdoba, auténticos colonizadores que promovieron el sector agropecuario (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Clima: Varía ligeramente en la región porque se encuentra en la zona de dominios tropicales, donde las características generales del clima son elevadas temperaturas y escasa oscilación térmica anual, aunque varía también por la altitud de las montañas. El municipio cuenta con dos estaciones lluviosas y dos estaciones secas durante todo el año, el promedio de la temperatura oscila entre los 19°,4 °C y 34° °C, no es raro que durante los meses de septiembre a enero se presenten granizadas ya que el municipio se encuentra

ubicado al margen izquierdo de la serranía del Perijá y estos meses son de alta pluviosidad (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

En cuanto a las temperaturas, según los datos acumulados por el IDEAM en su estación meteorológica ubicada a las afueras del municipio, la temperatura anual es 29,5 °C, con máximas y mínimas de 24 °C y 35 °C respectivamente, la temperatura máxima histórica registrada es de 44.5 °C el 29 de agosto de 2008 y la mínima de 17 °C. El mes más caluroso es julio con un promedio de 31 °C y los meses más frescos son diciembre y enero con 22 °C (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Economía: La economía del Municipio es principalmente Agropecuaria basada en el cultivo del Algodón, Café, Caña de Azúcar, Palma Africana y otros productos agrícolas en menor escala. Del mismo modo la cría de semovientes como ganado ovino, caprino y vacuno; y en menor escala explotación minera la cual aumentará con la apertura de la mina El Descanso, con una extensión de 42.800 hectáreas (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015). Fue conocida como La ciudad blanca de Colombia por estar enclavada en una región que fue líder en la producción algodonera (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Agustín Codazzi, a pesar de haber vivido diferentes hitos en su transcurrir tal como la bonanza algodonera y de haber sufrido la violencia de grupos armados ilegales es hoy un municipio que se proyecta como la capital agro energética de Colombia, debido a que en su jurisdicción está ubicada la primera planta de biodiésel de Colombia¹² y una de las primeras de América Latina, de igual modo, se avizora el montaje de una planta de alcohol carburante a partir del cultivo de yuca industrial (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

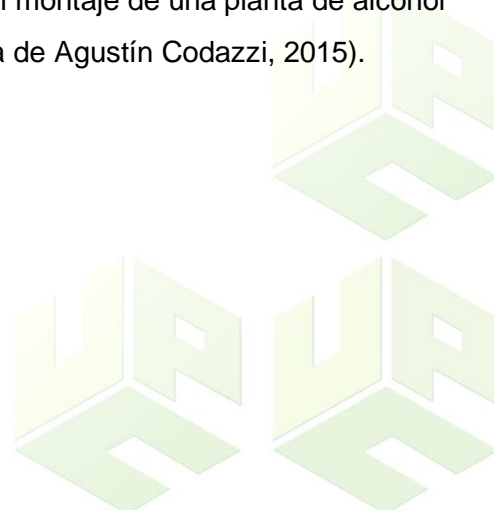


Figura 4

Mapa del municipio de Agustín Codazzi



Fuente: alcaldía de Agustín Codazzi, 2015

4.4.2 Río Magiriaimo

El río Magiriaimo es fuente abastecedora de agua potable del municipio Agustín Codazzi. Ubicado a una latitud de 10° 06' 00" N y una longitud de 73° 26' 00" W. En Agustín Codazzi el río Magiriaimo es uno de los lugares turísticos del municipio ya que posee en sus alrededores gran diversidad de especies vegetales y animales, sin embargo, según CORPOCESAR (2019), está sufriendo afectaciones por parte de los vertimientos provenientes de los cultivos agrícolas (Corpocesar, 2015).

En Agustín Codazzi el río Magiriaimo es uno de los lugares turísticos del municipio ya que posee en sus alrededores gran diversidad de especies vegetales y animales (Alcaldía de Agustín Codazzi, 2015).

Figura 5

Ubicación del río Magiraiimo



Fuente: Google maps, 2021

4.5 Marco Legal

El marco legal describe el articulado jurídico que soporta la investigación. La normatividad descrita es colombiana, y está estructurada desde las normas generales de medio ambiente, hasta las específicas propias de la investigación. Se anexan de forma jerárquica en leyes, decretos y resoluciones.

Tabla 3

Normatividad aplicable

| NORMATIVA | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Constitución Política de Colombia-art. 79 | Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. |
| Constitución Política de Colombia-art. 79 | El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución |



| | |
|-------------------------|---|
| Ley 99 de 1993 | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. |
| Ley 23 de 1973. | Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales |
| Ley 60 de 1993 | Establece el uso de los recursos nacionales transferidos a las territoriales y la Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial que ordena elaborar planes municipales de ordenamiento territorial. |
| Ley 715 de 2001 | Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros |
| Ley 373 de 1997 | Estableció el reúso obligatorio de las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental. |
| Ley 1658 de 2013 | Por medio de cual se establecen disposiciones para comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan |



| | |
|-----------------------------|--|
| | requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones. |
| Ley 10 de 1978 | Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones. |
| Decreto 1076 de 2016 | Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible |
| Decreto 2811 de 1974 | Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. |
| Decreto 3100 de 2003 | Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones |
| Decreto 1594 de 1984 | El control se realiza a partir de la medición de la concentración de las sustancias descargadas a los cuerpos de agua y que afectan la calidad del agua. A partir de lo dispuesto en esta Resolución la medición de las sustancias contaminantes se realizará en mg/L y no en kg día |
| Decreto 1575 de 2007 | Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. |
| Decreto 4742 de 2005 | Por el cual se modifica el artículo 12 del decreto 155 de 2004 mediante la cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre las tasas por utilización de agua |

| | |
|-----------------------------|--|
| Decreto 155 de 2004 | Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. |
| Decreto 1323 de 2007 | Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico SIRH. |
| Decreto 1324 de 2007 | Por el cual se crea el registro de usuarios del recurso hídrico y se dictan otras disposiciones |
| Decreto 1480 de 2007 | Por el cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuentas hidrográficas y se dictan otras disposiciones. |
| Decreto 2858 de 1981 | Por cual se reglamenta parcialmente el artículo 56 del decreto ley 2811 de 1974 y se modifica el decreto 1541 de 1978 |
| Decreto 3930 de 2010 | Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III-Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones |
| Decreto 0303 de 2012 | Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del <i>Decreto-ley</i> 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso hídrico y se dictan otras disposiciones. |
| Decreto 2245 de 2017 | Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas |

| | |
|------------------------------------|---|
| Resolución 1575 de 2007 | Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la calidad del agua para consumo humano. |
| Resolución 5296 de 2013 | Por la cual se crea la lista de establecimientos y/o predios con hallazgos de excesos de residuos o contaminantes en los productos alimenticios destinados al consumo humano. |
| Resolución 2115 de 2007 | Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad el agua para consumo humano, establece en su artículo 5, las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, y sus respectivos valores máximos aceptables. |
| Resolución 240 de 2004 | Por el cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas. |
| Resolución No. 0883 de 2018 | Disposiciones aplicables a los vertimientos puntuales de aguas residuales. |
| Resolución 0631 de 2015 | Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. |

Resolución 959 de 2018

Por medio de la cual se adopta la guía técnica para el acotamiento de las rondas hídricas y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Constitución Política de Colombia, 1991

Nota: la tabla muestra la normatividad colombiana que rige el proyecto de grado





5. Marco Metodológico

5.1. Línea Y Sublínea De Investigación

La investigación tiene como línea correspondiente SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL y como sublínea GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO-GIRH-

5.2 Tipo De Investigación

La investigación fue de tipo experimental. La investigación experimental es un tipo de investigación cuantitativa. Tres elementos científicos caracterizan a este tipo de investigación: control, manipulación y observación (Martínez, 2012).

5.3 Nivel De Investigación

Los niveles de investigación fueron explicativos y experimental. La investigación explicativa se realiza con el objetivo de ayudar a los investigadores a estudiar el problema con mayor profundidad y entender el fenómeno de forma eficiente. Al llevar a cabo el proceso de investigación es necesario adaptarse a los nuevos descubrimientos y conocimientos sobre el tema (Martínez, 2012). La investigación experimental es cualquier investigación realizada con un enfoque científico, donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento (Martínez, 2012).

5.4 Población De Estudio

La población estudio de la investigación correspondió a las aguas superficiales del río Magiriamo del municipio de Agustín Codazzi, Cesar. La cuenca hidrográfica posee una extensión total, incluyendo sus arroyos de 51.480 hectáreas (Corpocesar, 2009).

5.5 Muestra Poblacional

La unidad de análisis de la investigación correspondió a muestras de agua tomadas directamente de la fuente hídrica, la cual se hará en dos tramos del río Magiriamo. Las muestras se tomaron en distintos puntos del cauce.

Para la selección de los puntos, se tomaron como referencia los criterios del muestreo estratificado, la cual consiste en dividir el cauce en estratos, obteniendo dos zonas y de estas, se selecciona un punto de muestreo para cada zona.

5.5.1 Selección De Los Puntos De Muestreo

Según Ramírez, et. Al. (2019), para la selección de los puntos de muestreo se deben tener en cuenta diversos factores, entre estos:

- **Accesibilidad:** es el factor más importante, pues los puntos deben seleccionarse en zonas donde sea relativamente fácil tomar las muestras.
- **Puntos estratégicos:** son los puntos en donde probablemente se pueden encontrar concentraciones anormales debido a la dinámica de contaminación.

Debido a lo anterior, se establecieron dos puntos de muestreo.

Punto de muestreo 1 (zona de cabecera): La primera muestra se tomó un tramo arriba del río Magiriaimo justo antes del canal de vertimientos provenientes de los monocultivos y cultivos agrícolas aledaños.

Punto de muestreo 2 (zona baja): La segunda muestra se tomó un tramo aguas abajo una vez el vertimiento ya ha caído sobre las aguas superficiales del río Magiriaimo.

5.6 Desarrollo Metodológico

5.6.1 Fase 1: Caracterización Físicoquímica de Muestras De Agua Del Río Magiriaimo Tomadas Antes Y Después Del Vertimiento De Aguas Residuales Procedentes De Cultivos Agrícolas

Actividad 1.1 Toma de muestras de agua del río Magiriaimo

Descripción: para el muestreo, se tomó como base metodología la guía de muestreo propuesta por el IDEAM, 2015.

En caso de que la muestra sea compuesta o integrada, se sugiere mantener los recipientes de las diferentes muestras puntuales, ubicados a la sombra y tapados para evitar alteraciones en las características de la muestra por elementos extraños.

- Antes de llenar el envase con la muestra, lavar 2 o 3 veces el recipiente con el agua que va a ser recolectada.
- Realizar la toma con cuidado para garantizar que los resultados analíticos representen la composición real.

-Llevar un registro con la información suficiente, que debe contener: nombre de quién toma la muestra, fecha, hora, localización, temperatura del agua, condiciones meteorológicas, nivel del agua.

-Refrigerar la muestra una vez recolectada.

Actividad 1.2 Realizar análisis fisicoquímico del agua

Descripción: se describen a continuación los análisis realizados a las muestras de agua, todos basados en las metodologías propuestas por standard Methods:

Determinación de pH: Un método para determinar el pH es mediante el uso de un indicador químico ácido-base en el análisis de productos químicos, que consiste en un tinte que es un ácido o una base débiles. El tinte tiene un color en su forma ácida y un segundo color en su forma básica. Debido a que los diferentes colorantes cambian de la forma ácida a la básica a diferentes valores de pH, es posible utilizar una serie de colorantes para determinar el pH de una solución.

Determinación de SST: Es un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

Determinación de turbidez: La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua

Determinación de oxígeno disuelto: para esto se tendrá en cuenta la guía propuesta por el IDEAM, (2015), y se describe a continuación: Llene con muestra una botella winkler hasta que rebose y tápela. Destape la botella y agregue 1 mL ó 20 gotas de solución de MnSO₄ (reactivo 1) a la muestra en la botella de DBO, seguido de 1 mL ó 20 gotas del reactivo de álcali-yoduro-azida (reactivo 2); tape cuidadosamente para evitar burbujas de aire y mezcle varias veces por inversión de la botella. Cuando el precipitado se haya decantado hasta aproximadamente la mitad del volumen de la botella, para dejar un sobrenadante claro sobre el floc de hidróxido de manganeso, agregue 1,0 mL ó 20 gotas de H₂SO₄ concentrado (reactivo 3), tape y mezcle varias veces por inversión de la botella,

hasta disolución completa, hasta aquí ya está fijado el oxígeno. Si no hay disolución completa agregue exceso de ácido sulfúrico. Mida con una probeta 100 mL de la solución y trasvélalos a un Erlenmeyer de 250 mL. Purgue la bureta de 10 mL con una porción de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.025N; llene la bureta con tiosulfato de sodio hasta cero. Titule con solución 0,025 M de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (reactivo 4) agregándolo gota a gota y agitando el erlenmeyer hasta obtener un color amarillo pajizo pálido; en ese punto agregue de 3 a 5 gotas de solución de almidón (Reactivo No. 5) en donde vira a color azul y continúe la titulación hasta la desaparición del color azul. Este es el punto final de la titulación. Si el color azul reaparece no se debe agregar más tiosulfato, ignore subsecuentes reapariciones del color. Anote en el formato de campo TF0010 el volumen gastado de tiosulfato de sodio, el volumen de alícuota que son 100 mL y la concentración del tiosulfato, que generalmente es 0.025N.

5.6.2 FASE 2: Cuantificación de la carga contaminante de metales pesados (Cr, Pb, Cd, Cu, As) por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA)

Actividad 2.1 Cuantificar la carga contaminante de metales pesados del río Magiriaimo

Descripción: los análisis de laboratorio para la determinación por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA), fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, quienes prestan sus servicios para la determinación de metales pesados por las técnicas anteriormente mencionadas. El laboratorio cuenta con un Espectrofotómetro de absorción Atómica marca GBC, modelo AVANTA Σ , acondicionado para operar por aspiración directa (Llama). Además, se dispone de horno de grafito, Generador de Hidruros y Auto muestreador para análisis por llama y por horno de grafito.

Cuantificación por espectroscopia de absorción atómica por horno de grafito: El principio del método se basó en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento.



Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente.

El método involucró fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas:

- Secado. Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz.
- Calcinado. El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados.
- Atomización. En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento.

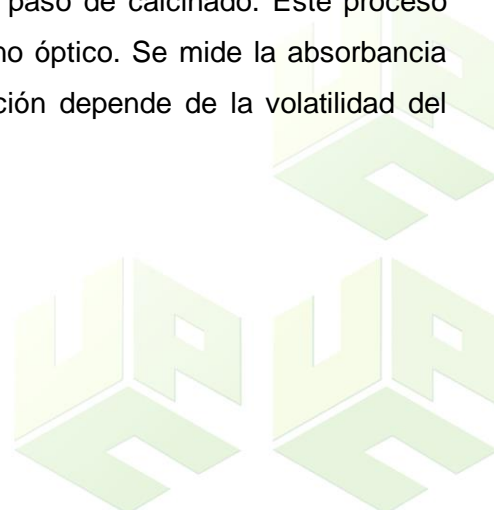
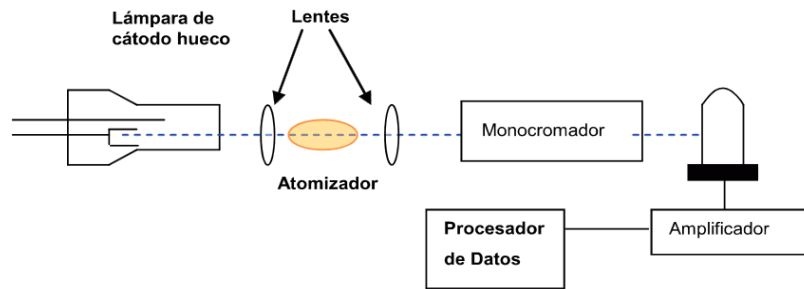


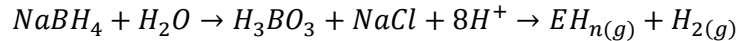
Figura 6

Constituyentes del sistema de espectrofotometría de absorción atómica.



Fuente: EPA, 2015

Cuantificación por generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS): Proceso químico que produce hidruros volátiles por la adición de un agente reductor en medio ácido.

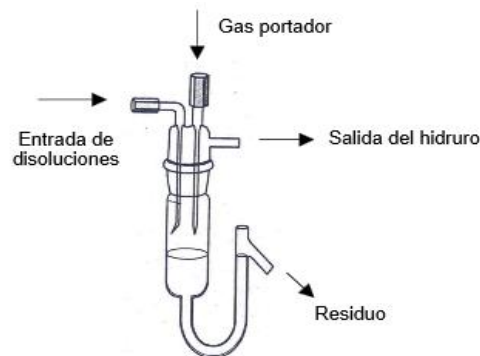


El NaBH₄ es el agente reductor más utilizado, ya que proporciona una mayor rapidez de reacción, una alta eficacia de conversión y blancos bajos.

Las especies volátiles formadas (el hidruro volátil y el gas de hidrogeno) son separadas de la fase liquida (disolución) a través de un separador-gas-liquido con un gas portador (argón), y luego transportadas al atomizador.

Figura 7

Separador gas-liquido



Fuente: EPA, 2015



Cuantificación por espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA):

Introducción de muestra: Nebulizador, transforma las muestras líquidas en una fina niebla o aerosol.

Atomizador: Flama, la energía térmica es utilizada para vaporizar la muestra y romper los enlaces químicos de los componentes de las moléculas. Los típicos gases utilizados en FAAS son aire-acetileno y óxido nitroso-acetileno.

Fuente de radiación: Lámpara de cátodo hueco (HCL)

Monocromador: Aísla la longitud de onda de interés (longitud de onda analítica).

Detector: Tubo fotomultiplicador (PMT), convierte la señal de luz en una señal eléctrica. Ésta es proporcional a la intensidad de la radiación.

Lectura y procesamiento de datos: la señal es procesada y convertida a una lectura digital. Por cada señal analítica de absorbancia se hacen dos mediciones, la intensidad del haz de radiación incidente (I_0), y la intensidad del haz de radiación transmitido (I_t). La razón de las intensidades se empleará para definir la absorbancia.

5.6.3 FASE 3: Comparación de Los Niveles De Concentración De Metales Pesados Presentes En Las Muestras Con Los Niveles Máximos Permisibles Recomendados Para Calidad De Agua De La Environmental Protection Agency (EPA) Y La Norma De Environmental Health Criteria De La Organización Mundial De La Salud (OMS).

Actividad 3.1 Establecimiento de los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Descripción: Por medio de la revisión bibliográfica se establecieron los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y se ajustó al tipo de agua que se analiza, pues esta se clasifica según su uso. Se organizó la información en tablas para facilitar la interpretación y posterior comparación de los resultados obtenidos en el análisis.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Actividad 3.2 Comparación resultados obtenidos en la cuantificación de metales con los niveles permitidos por la EPA y la OMS

Descripción: Con los resultados obtenidos en las muestras de agua, se procedió a comparar los niveles de concentración de metales encontrados y los niveles máximos permisibles recomendados por la EPA y OMS, a fin de establecer si superaron o no estos, y si representan un riesgo para la salud de las personas que se abastecen con esta agua, así como una afectación en el recurso hídrico del municipio. De esta forma, se evidenció también, si los cultivos agrícolas cercanos están cumpliendo o no con los criterios de vertimientos establecidos por la normatividad, pues estos, no deben ser vertidos sin su previo tratamiento.



6. Resultados y análisis

6.1 Caracterización Físicoquímica de Muestras De Agua Del Rio Magiriamo Tomadas Antes Y Después Del Vertimiento De Aguas Residuales Procedentes De Cultivos Agrícolas

6.1.1 Toma de muestras de agua del rio Magiriamo

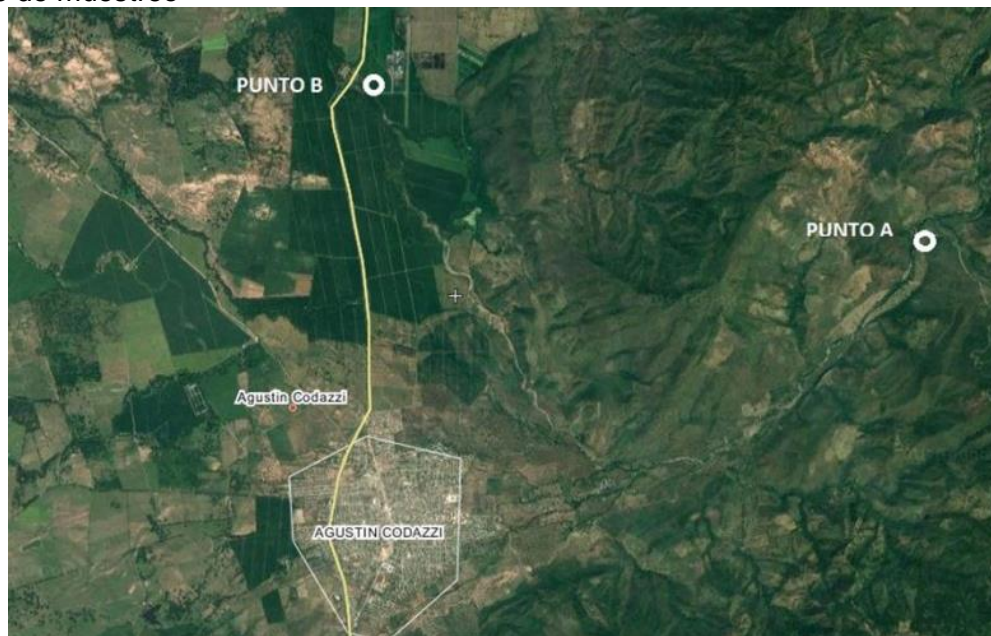
Antes de la toma de muestras, se identificaron los puntos de muestreo tal y como fue descrito en la metodología. Así las cosas, se establecieron dos puntos de muestreo.

Punto de muestreo 1 (zona de cabecera): La primera muestra se tomó un tramo arriba del rio Magiriamo justo antes del canal de vertimientos provenientes de los monocultivos y cultivos agrícolas aledaños.

Punto de muestreo 2 (zona baja): La segunda muestra se tomó un tramo aguas abajo una vez el vertimiento ya ha caído sobre las aguas superficiales del rio Magiriamo.

Figura 8

Puntos de muestreo



Fuente: Autores, 2022

Una vez identificados los puntos de muestreo, se procedió a tomar las muestras.

Para el muestreo, se tomó como base metodología la guía de muestreo propuesta por el IDEAM, 2015. El muestreo se realizó en los puntos establecidos, cabecera y zona baja. Se tomaron dos muestras de cada zona, puesto que, una de estas se dirigió para la determinación de metales pesados en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, y la segunda, se tomó para la identificación de los parámetros fisicoquímicos establecidos en el Laboratorio de la Universidad Popular del Cesar.

Las muestras tomadas fueron puntuales, se ubicaron en la sombra y se taparon para evitar alteraciones en las características de las muestras por elementos extraños.

Antes de llenar el envase con la muestra, se lavó 3 veces el recipiente con el agua que va a ser recolectada cada uno.

Se realizó la toma con cuidado para garantizar que los resultados analíticos representen la composición real.

Se llevó un registro con la información suficiente, que debe contener: nombre de quién toma la muestra, fecha, hora, localización, temperatura del agua, condiciones meteorológicas, nivel del agua. Por último, se refrigeró la muestra una vez recolectada.

Figura 9

Toma de muestras



Fuente: Autor, 2022

6.1.2 Realizar análisis fisicoquímico del agua

Se describen a continuación los análisis realizados a las muestras de agua, todos basados en las metodologías propuestas por standard Methods:

Determinación de pH: la determinación del pH se realizó con el método del pHmetro.

Se introdujo el pHmetro en el líquido a medir, en este caso en la muestra número 1 y 2, la muestra 1 corresponde a la muestra de zona cabecera, y la muestra 2, a la zona baja.

Se esperó 1 minuto hasta asegurar que la lectura se ha estabilizado.

Se anoto el valor que marcó para ambas muestras.

Muestra 1: 8,18

Muestra 2: 5,9

Figura 10

Determinación de pH



Fuente: Autores, 2022

Determinación de SST: Se realizó por un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

Figura 11

Determinación de SST



Para la determinación de los SST se realizó el pesaje de los filtros con las diferentes muestras. El procedimiento específico, se detalla a continuación:

Paso 1: Hacer pasar agua destilada a través del papel filtro con ayuda de una máquina de vacío, luego secar el papel filtro en el horno por 30 minutos hasta secarse por completo y por último determinar su peso.

Filtros 1 y 2 serán utilizados para la muestra 1 (cabecera)

Peso filtro 1: 0.1212 g

Peso filtro 2: 0.1273 g

Filtros 3 y 4 serán utilizados para la muestra 2 (zona baja)

Peso filtro 3: 0.1305 g



Peso filtro 4: 0.1315 g

Paso 2: Hacer pasar el agua de las muestras 1 y 2 a través del papel filtro con ayuda de una máquina de vacío, luego secar el papel filtro en el horno hasta secarse y por último determinar su peso.

Para la muestra 1 se utilizó 15 ml de agua

Para la muestra 2 se utilizó 30 ml de agua

Peso filtro 1 muestra 1 (cabecera): 0.1220 g

Peso filtro 2 muestra 1 (cabecera): 0.1286 g

Peso filtro 3 muestra 2 (zona baja): 0.1329 g

Peso filtro 4 muestra 2 (zona baja): 0.1350 g

Paso 3: Determinación la diferencia de los pesos de los filtros para cuantificar los SST presentes en cada muestra de agua.

Tabla 4

Pesos obtenidos

| Filtro | Peso inicial | Peso final | SST retenido | Promedio SST retenido |
|----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------------|
| Filtro 1: cabecera | 0.1212 g | 0.1220 g | 0.0008 | 0.00105 |
| Filtro 2: cabecera | 0.1273 g | 0.1286 g | 0.0013 | |
| Filtro 3: Zona baja | 0.1305 g | 0.1329 g | 0.0024 | 0.00295 |
| Filtro 4: Zona baja | 0.1315 g | 0.1350 g | 0.0035 | |

Fuente: Autores, 2022

Una vez realizado la diferencia de pesos, se obtuvo para el promedio para cada muestra, puesto que, se realizaron dos mediciones para cada una, así se disminuyen los errores en la toma de datos. De esta forma, se determinó que para la muestra de agua de

la zona cabecera se retuvo 0.00105 gramos de STT, mientras que, para la muestra de agua de la zona baja, se obtuvo 0.00295 gramos e SST.

Determinación de turbidez: La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. Con ayuda de un turbidímetro del laboratorio de la Universidad Poplar del Cesar, se determinó para cada muestra.

Figura 12

Determinación de la turbidez



Fuente: Autores, 2022

Se determinaron entonces, las turbiedades, en la zona cabecera con un valor de 5.73 NTU y la zona baja con un valor de 19.6 NTU.

Determinación de oxígeno disuelto: La determinación del Oxígeno disuelto se realizó mediante un medidor o detector de oxígeno disuelto digital PCE-PHD 1. Se introdujo el aparato en la muestra de agua y se tomó el dato según indicaba.

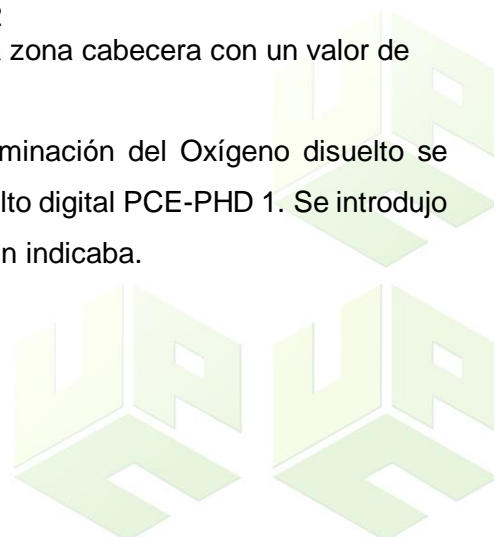


Figura 13

Determinación de oxígeno disuelto



Fuente: Autores, 2022

La determinación de oxígeno disuelto para la muestra en la zona de cabecera obtuvo un valor de 7.3mg/L, mientras que la de la zona baja, de 6.1mg/L, siendo mínima la diferencia entre ambas.

Adicionalmente, se decidió realizar ciertos parámetros químicos que no estaban establecidos en la metodología, de esta manera, se lograba un mejor análisis con las variables de estudio, entre estos, se determinó la alcalinidad, cloruros, acidez, y dureza.

- **Alcalinidad**

Elaboración de solución H₂SO₄ A 0,02N a partir de H₂SO₄ a 1N: Se necesitó 30 ml de H₂SO₄ a 1N para hacer 1500ml de solución de Ácido Sulfúrico a 0,02N

Alcalinidad por fenolftaleína: Al agregarle de 3 a 4 gotas de fenolftaleína a las muestras de agua tomadas en ambos puntos, no hubo un cambio de color a violeta, por lo que se asumió que la Alcalinidad por fenolftaleína para ambos puntos del río era igual a cero, tal y como explicaba la guía.

Alcalinidad total: Por no contar con el indicador mixto necesario para la realización de la Alcalinidad total como se debe hacer según la guía, se realizó con Naranja de metilo, de esto se obtuvo los siguientes datos: Titulación

Figura14

Titulación



Fuente: Autores, 2022

En las fotos anteriores se puede apreciar que los balones que se encuentran amarillos son cuando se agregó el naranja de metilo a las muestras de agua, luego de realizar la titulación cambiaron a color rosado tal y como se esperaba. La alcalinidad para ambas muestras fue:

El punto 1 o cabecera, *Alcalinidad como mg CaCO₃/L = 20*

El punto 2 o zona baja, *Alcalinidad como mg CaCO₃/L = 20*

- **Cloruros**

Se necesitaron 2,54 gr de Nitrato de plata para conseguir una solución de 1500ml a 0,01N. Se necesitó 3gr de K₂CrO₄ al 5% para realizar 60ml de solución indicadora

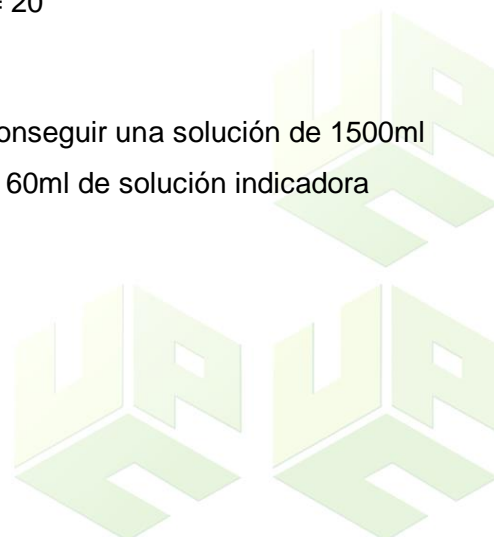


Figura 15

Titulación



Fuente: Autores, 2022

Los recipientes en los cuales la muestra de agua se tornó de color amarillo son la combinación de la muestra de agua con 1 ml de indicador y los recipientes de color rojo son después de realizada la titulación respectiva.

La determinación de cloruros para el punto 1: cabecera fue de: $mg\ Cl/L = 5,67$

La determinación de cloruros para el punto 2: zona baja fue de: $mg\ Cl/L = 39,70$

- **Acidez**

Se utilizaron 1,2gr de NaOH para tener una solución valorante de 1500ml

Figura 16

Titulación



Fuente: Autores, 2022

En la foto anterior, se aprecia la solución ya titulada, la cual tuvo que valorarse con NaOH y consiguió el color esperado.

La determinación de la acidez para el punto 1: Cabecera fue de: *Acidez como mg CaCO₃/L = 24*

La determinación de la acidez para el punto 2: zona baja de: *Acidez como mg CaCO₃/L = 84*

Para ambos procedimientos, se aplicó de 3 a 4 gotas de fenolftaleína como indicador para que se pudiera realizar la titulación.

- **Dureza**

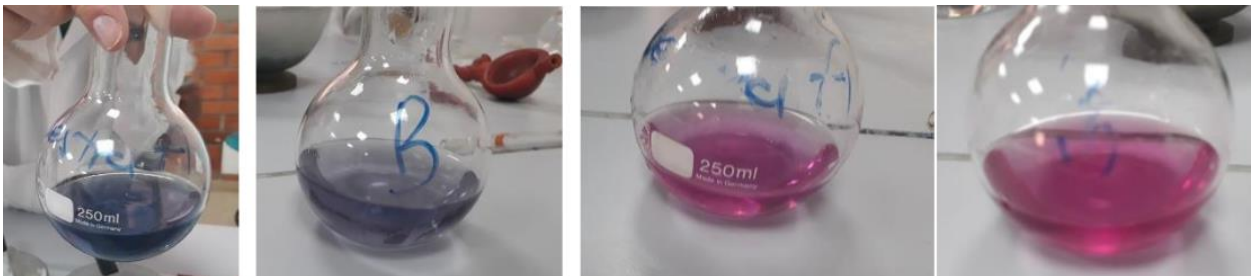
Según como lo indica la guía, para la elaboración de la solución titulante se necesitan 3,723gr de EDTA-Na₂.2H₂O y 0,4gr de NaOH aforando hasta 1000ml.

Se necesitaron 10 gr de NaOH para realizar una solución de 250ml a 0,1N

Se necesitó 0,25 gr de Negro de Eriocromo T en 50 gr de NaCl para obtener la solución deseada pues se trabajó a la mitad de lo indicado en la guía

Figura 17

Titulación



Fuente: Autores, 2022

En las imágenes anteriores se puede apreciar que los recipientes de color negro son antes de la titulación de cada muestra de agua y los de color fucsia son luego de realizar la titulación.

La dureza total para el punto 1 cabecera fue de: *Dureza total como mg CaCO₃/L = 270*



La dureza total para el punto 2: zona baja fue de: *Dureza total como mg CaCO₃/L = 900*

En ambos casos de muestras se utilizó una solución Tampón para hacer llegar el pH de la muestra a 12-13, aparte se agregó de indicador el negro de eriocromo T.

La dureza por calcio para el punto 1 cabecera fue de: *Dureza de Ca como mg CaCO₃/L = 220* y calcio mgCa/L= 88

La dureza por calcio para el punto 2 zona baja fue de: *Dureza de Ca como mg CaCO₃/L = 220* y calcio mgCa/L= 88

La dureza por magnesio para el punto 1 cabecera fue de: *Dureza de magnesio = 380*. El magnesio fue de: *mgMg/L = 92,23*

7.2 Cuantificación de la carga contaminante de metales pesados (Cr, Pb, Cd, Cu, As) por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA)

7.2.1 Cuantificar la carga contaminante de metales pesados del río Magiriaimo

Los análisis de laboratorio para la determinación por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA), fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, quienes prestan sus servicios para la determinación de metales pesados por las técnicas anteriormente mencionadas.

El laboratorio cuenta con un Espectrofotómetro de absorción Atómica marca GBC, modelo AVANTA Σ, acondicionado para operar por aspiración directa (Llama). Además, se dispone de horno de grafito, Generador de Hidruros y Auto muestreador para análisis por llama y por horno de grafito.

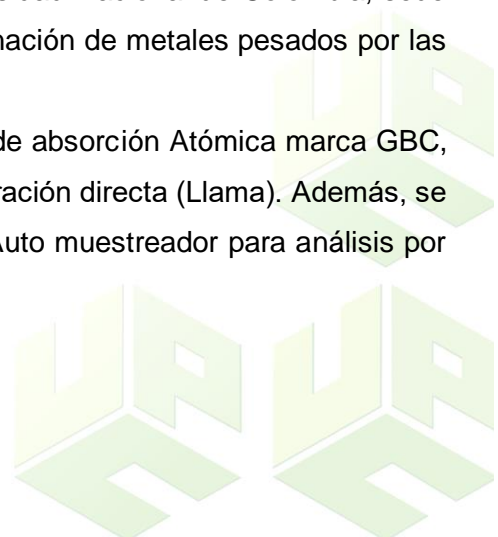
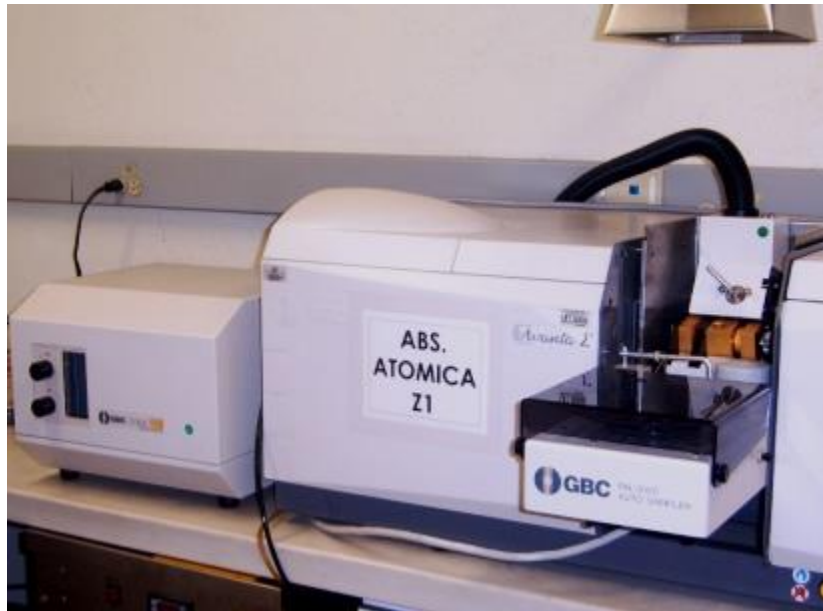


Figura 18

Espectrofotómetro de absorción Atómica marca GBC, modelo AVANTA



Fuente: Laboratorio de La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín ,2022

7.2.1.1 Cuantificación por espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito: El principio del método se basó en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente.

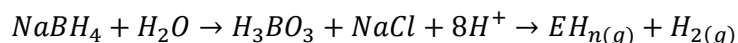
El método involucró fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprendió las siguientes etapas:

- **Secado.** Una vez que la muestra fue inyectada en el tubo de grafito, se calentó a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa fue la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito fue sometida a una temperatura algo

inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporó el solvente y los componentes volátiles de la matriz.

- **Calcinado.** El próximo paso del programa fue el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados.
- **Atomización.** En esta etapa, el horno fue calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso llevó a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se midió la absorbancia durante este paso.

7.2.1.2 Cuantificación por generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS): Fue un proceso químico que produjo hidruros volátiles por la adición de un agente reductor en medio ácido.



El NaBH₄ fue el agente reductor más utilizado, ya que proporcionó una mayor rapidez de reacción, una alta eficacia de conversión y blancos bajos.

Las especies volátiles formadas (el hidruro volátil y el gas de hidrogeno) fueron separadas de la fase líquida (disolución) a través de un separador-gas-liquido con un gas portador (argón), y luego fueron transportadas al atomizador.

7.2.1.3 Cuantificación por espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA): Introducción de muestra: Nebulizador, transformó las muestras líquidas en una fina niebla o aerosol.

Atomizador: Flama, la energía térmica fue utilizada para vaporizar la muestra y romper los enlaces químicos de los componentes de las moléculas. Los típicos gases utilizados en FAAS fueron aire-acetileno y óxido nitroso-acetileno.

Fuente de radiación: Lámpara de cátodo hueco (HCL)



Monocromador: aísla la longitud de onda de interés (longitud de onda analítica).

Detector: Tubo fotomultiplicador (PMT), convirtió la señal de luz en una señal eléctrica. Ésta fue proporcional a la intensidad de la radiación.

Lectura y procesamiento de datos: la señal fue procesada y convertida a una lectura digital. Por cada señal analítica de absorbancia se hicieron dos mediciones, la intensidad del haz de radiación incidente (I_0), y la intensidad del haz de radiación transmitido (I_t). La razón de las intensidades se empleó para definir la absorbancia

7.2.1.4 Resultados de la cuantificación de metales pesados por los métodos descritos

Se trató según procedimiento interno para lectura de metales (digestión ácida) y posteriormente se analizó la muestra por AAS con horno de grafito, en la siguiente tabla se presentan los resultados de la muestra 1:

Tabla 5

Resultados de la determinación de metales pesados en la muestra 1: cabecera

| Determinación | Unidades | Resultado | Método de análisis |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| Plomo | $\mu\text{g/L}$ | ND | Método interno |
| Cobre | $\mu\text{g/L}$ | ND | Método interno |
| Cadmio | $\mu\text{g/L}$ | ND | Método interno |
| Cromo | $\mu\text{g/L}$ | ND | Método interno |

Fuente: Laboratorio de La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2022

El resultado ND indica que bajo las condiciones del laboratorio no se detectó presencia del analito de ensayo.

Por medio de la tabla anterior, se pudo determinar que, según los resultados presentados por el Laboratorio de La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2022, no se detectó la presencia de metales pesados en la zona cabecera o zona alta del Río Magiriaimo.

Tabla 6

Resultados de la determinación de metales pesados en la muestra 2: zona baja

| Determinación | Unidades | Resultado | Método de análisis |
|---------------|----------|-----------|--------------------|
| Plomo | µg/L | 11 | Método interno |
| Cobre | µg/L | ND | Método interno |
| Cadmio | µg/L | ND | Método interno |
| Cromo | µg/L | ND | Método interno |

Fuente: Laboratorio de La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín ,2022

El resultado ND indica que bajo las condiciones del laboratorio no se detectó presencia del analito de ensayo.

Por medio de la tabla anterior, se puede determinar que, según los resultados presentados por el Laboratorio de La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín ,2022, se detectó solo la presencia de Plomo con una concentración de 11 µg/L en la zona baja, los demás metales pesados no fueron detectados en la zona baja del Río Magiriaimo.

Cabe resaltar que el Arsénico (As), no pudo ser detectado mediante los análisis por el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, por razones de fallas en el equipo, por lo que no fue tenido en cuenta dentro de los metales analizados.

7.2.2 Análisis de los resultados del Plomo en la zona baja del Río Magiriaimo.

Con respecto a las concentraciones de plomo en la zona baja del río Magiriaimo, se ha identificado en diversas fuentes bibliográficas las fuentes de su origen, a continuación, se hará un análisis respectivo a su concentración según diversos autores:

Las concentraciones medias de Pb varían significativamente entre los puntos de muestreo, como se observa, aguas arriba no se detecta su presencia, sin embargo, aguas abajo, se detectan 11 µg/L, aunque no es una concentración significativa, su presencia pone en evidencia que existen algunas prácticas que lo ocasionan aguas abajo.

Según Corpocesar (2020), las áreas de interés ambiental desde el punto de vista de conservación y protección que se localizan en la subcuenca del río Magiriaimo, están siendo explotadas por la instauración de monocultivos, que ponen en riesgo el estado de la fuente

hídrica y la calidad del agua debido a los vertimientos ilegales de aguas residuales que sobre él se realizan (CORPOCESAR, 2019).

Por otra parte, la contaminación que bordea la ronda hídrica del río Magiriaimo en Codazzi (Cesar), según el Comité de Gestión del Riesgo (2020), está siendo afectada principalmente por vertimientos ilegales de aguas industriales procedentes de diversos cultivos aledaños, los cuales pueden generar cargas contaminantes de metales pesados a la fuente hídrica, con respecto al metal identificado.

Además, cabe resaltar que las muestras fueron tomadas en época seca o verano, por lo que, se asocia a lo dicho por Montoya (2013), el cual afirma que en temporadas de lluvias las concentraciones de metales disminuían debido a la resuspensión de estos, y por el contrario, en verano existe almacenamiento de este metal en la zona aguas abajo del río Magiriaimo, debido al poco movimiento de la corriente.

El plomo es utilizado como metal en un 40%, un 25% se usa para aplicaciones en aleaciones y un 35% se emplea como compuestos químicos tanto de origen orgánico como inorgánico. Algunas de las principales aplicaciones son, óxido de plomo en la producción de pinturas y componentes de las baterías de los automóviles (Ubillus, 2003).

Según la OMS (2012), Los ríos contienen una media de 3 a 30 ppb. El fitoplancton contiene aproximadamente 5-10 ppm de plomo (en base seca), los peces de agua dulce aproximadamente 0.5-1000 ppb, y las ostras 500 ppb aproximadamente. La organización mundial de salud (WHO) estableció en 1995 como límite legal 50 ppb de plomo, este límite decrecerá hasta 10 ppb en el 2010.

Sin embargo, según diversos autores, en la antigüedad, la gasolina contenía plomo, la cual, generaba contaminación de fuentes hídricas con su vertimiento en bajas concentraciones, lo que podría inferir que, en la zona media o baja del río, se estén realizando vertimientos ilegales de gasolina, o el lavado de tanques con gasolina por parte de algunos finqueros, o empresas, lo que podría ocasionar la concentración de este, en bajas cantidades a la fuente hídrica.

En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. En la superficie del metal se forma una pequeña capa de óxido de plomo (PbO); en presencia de

oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de cromo ($\text{Pb}(\text{OH})_2$): $2\text{Pb}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{Pb}(\text{OH})_2(\text{s})$.

En el caso de la concentración de plomo en la parte baja, cabe resaltar que, existe el vertimiento de aguas residuales provenientes de actividades industriales. Entre estas, se podrá deducir que, las empresas palmeras están usando combustibles fósiles como gasolina, como fuente de energía, o que si bien, los agricultores de la zona alta, están realizando vertimiento de aguas con este combustible proveniente de sus vehículos y lavado de estos, en el río Magiraimo.

7.2.2.1 consecuencias de los resultados del Plomo en la zona baja del Río Magiraimo.

El plomo y los compuestos de plomo son generalmente contaminantes tóxicos. Las sales de plomo II y los compuestos orgánicos del plomo son dañinos desde un punto de vista toxicológico. Las sales de plomo tienen en el agua un peligro de clase 2, y por lo tanto son dañinas. Lo mismo se aplica a otros compuestos como el acetato de plomo, óxido de plomo, nitrato de plomo y carbonato de plomo.

El plomo limita la síntesis clorofílica de las plantas. No obstante las plantas pueden absorber del suelo altos niveles de plomo, hasta 500 ppm. Concentraciones más altas perjudican el crecimiento de las plantas. mediante la absorción por parte de las plantas, el plomo se introduce en la cadena alimenticia. Consecuentemente, la aplicación de pesticidas de plomo está prohibida en la mayor parte de los países. El plomo se acumula en los organismos, en los sedimentos y en el fango. El plomo en el agua residual proviene principalmente de los tejados y de las calles

El cuerpo humano contiene aproximadamente 120 mg de plomo. Alrededor del 10-20% del plomo es absorbido por los intestinos. Los síntomas de la exposición al plomo incluyen cólicos, pigmentación de la piel y parálisis. Generalmente los efectos del envenenamiento por plomo son neurológicos o teratógenos. El plomo orgánico causa necrosis de neuronas. El plomo inorgánico crea degeneración axónica. Ambas especies de plomo causan edema cerebral y congestión. Los compuestos orgánicos del plomo se absorben rápidamente y por lo tanto suponen un mayor riesgo. Los compuestos orgánicos del plomo pueden ser cancerígenos. Las mujeres son generalmente más susceptibles al



envenenamiento que los hombres. El plomo causa alteraciones menstruales, infertilidad y aumenta el riesgo de aborto. Los fetos son más susceptibles al envenenamiento por plomo que las madres, e incluso los fetos protegen a la madre del envenenamiento por plomo.

Los niños absorben mayores cantidades de plomo por unidad de masa corporal que los adultos (hasta un 40%). Por lo tanto, los niños son generalmente más susceptibles al envenenamiento por plomo que los adultos. Los síntomas incluyen inferiores CI, cambios de comportamiento y desorden en la concentración. El plomo se acumula en los tejidos, el tipo más severo de envenenamiento causa encefalopatía. La toxicidad del plomo tiene lugar cuando los iones de plomo reaccionan con grupos tiol en proteínas, como enzimas, y éstas se quedan activadas. Además, el plomo puede interaccionar con otros iones metálicos

6.3 Comparación de Los Niveles De Concentración De Metales Pesados Presentes En Las Muestras Con Los Niveles Máximos Permisibles Recomendados Para Calidad De Agua De La Environmental Protection Agency (EPA) Y La Norma De Environmental Health Criteria De La Organización Mundial De La Salud (OMS).

6.3.1 Establecimiento de los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Por medio de la revisión bibliográfica se establecieron los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y se ajustó al tipo de agua que se analiza, pues esta se clasifica según su uso. Se organizó la información en tablas para facilitar la interpretación y posterior comparación de los resultados obtenidos en el análisis.

En primer lugar, se tuvo en cuenta los niveles máximos permisibles en parámetros fisicoquímicos y metales pesados propuestos por la Resolución 0631 de 2015, normatividad Colombiana.



Tabla 7

Niveles máximos permisibles en parámetros fisicoquímicos y metales pesados propuestos por la Resolución 0631 de 2015

| Parámetros | Res. 0631/2015 |
|----------------------------------|-----------------------|
| pH | 6.00 – 9.00 |
| Conductividad | --- |
| Alcalinidad | Análisis y Reporte |
| Dureza | Análisis y Reporte |
| Cloruros | 500,00 |
| Ácidos grasos volátiles (AGV) | 50,00 |
| DBO5 | 800,00 |
| DQO | 2000,00 |
| Carbono Orgánico | --- |
| Total (COT) | --- |
| Sólidos Totales | --- |
| Sólidos Disueltos | --- |
| Sólidos Suspendidos Totales | 400,00 |
| Nitrógeno Amoniacal | Análisis y Reporte |



| Nitrógeno Total | Análisis y Reporte |
|-----------------|--------------------|
| Níquel | 0,50 |
| Cadmio | 0,05 |
| Zinc | 3,00 |
| Plomo | 0,20 |

Fuente: Resolución 0631 de 2015

En el caso de los Niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma de Environmental Health Criteria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se tiene que:

Tabla 8

Niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua de la (EPA) y la (OMS)

| Parámetro | Unidades | Límite máximo permisible OMS | Límite máximo permisible EPA |
|--------------------|----------|------------------------------|------------------------------|
| Inorgánicos | | | |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,01 |
| Antimonio | mg/L | 0,005 | - |
| Boro | mg/L | 0,3 | - |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,0015 |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,05 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 |
| Cobre | mg/L | 2 | 1.5 |
| Cianuro | mg/L | 0,07 | - |
| Mercurio | Mg/ L | 0,001 | 0,002 |
| Fluoruro | mg/L | 1,5 | 2.0 |
| Manganeso | mg/L | 0,5 | 0.5 |



| | | | |
|----------------------------------|--------|-------|------------|
| Níquel | mg/L | 0,02 | 0,632 |
| Nitrato | mg/L | 50 | - |
| Nitrito | Mg/L | 3 | - |
| Selenio | mg/L | 0,001 | - |
| Parámetros fisicoquímicos | | | |
| Color | UCV | 15 | 15 |
| Turbiedad | UNT | 5 | 5 |
| Aluminio | mg/L | 0,2 | 0.05 a 0.2 |
| Amoniaco | mg/L | 1,5 | 1.5 |
| Cloruro | mg/L | 250 | 250 |
| Dureza | - | - | - |
| Calcio | - | - | - |
| Magnesio | - | - | - |
| Hierro | mg/L | 3 | 0.3 |
| pH | Unidad | - | 6.5 a 8.5 |
| Sodio | mg/L | 200 | 200 |
| Sulfatos | - | 250 | 250 |
| SST | Mg/L | 1000 | 1000 |

Fuente: Datos OMS, EPA, 2015

7.3.2 Comparación resultados obtenidos en la cuantificación de metales con los niveles permitidos por la EPA y la OMS

Con los resultados obtenidos en las muestras de agua, se procedió a comparar los niveles de concentración de metales encontrados y los niveles máximos permisibles recomendados por la EPA y OMS, a fin de establecer si superaron o no estos, y si representan un riesgo para la salud de las personas que se abastecen con esta agua, así como una afectación en el recurso hídrico del municipio. De esta forma, se evidenció también, si los cultivos agrícolas cercanos están cumpliendo o no con los criterios de vertimientos establecidos por la normatividad, pues estos, no deben ser vertidos sin su previo tratamiento.

7.3.2.1 Comparación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y metales pesados obtenidos vs OMS, EPA y Res. 0631 de 2015

Tabla 9

Comparación de los resultados de parámetros fisicoquímicos obtenidos vs OMS, EPA y Res. 0631 de 2015

| Parámetro | Unidades | Resultado obtenido muestra 1: cabecera | Resultado obtenido muestra 2: zona baja | Límite máximo permisible OMS | Límite máximo permisible EPA | Cumplimiento |
|---------------------------|----------|--|---|------------------------------|------------------------------|--------------|
| Cadmio | mg/L | - | 0,00 | 0,003 | 0,01 | Cumple |
| Antimonio | mg/L | - | - | 0,005 | - | Cumple |
| Boro | mg/L | - | - | 0,3 | - | Cumple |
| Plomo | mg/L | - | 0,00011 | 0,01 | 0,0015 | Cumple |
| Arsénico | mg/L | - | - | 0,01 | 0,05 | Cumple |
| Cromo | mg/L | - | 0.00 | 0,05 | 0,05 | Cumple |
| Cobre | mg/L | - | 0,00 | 2 | 1.5 | Cumple |
| Cianuro | mg/L | - | - | 0,07 | - | Cumple |
| Mercurio | Mg/ L | - | - | 0,001 | 0,002 | Cumple |
| Floruro | mg/L | - | - | 1,5 | 2.0 | Cumple |
| Manganeso | mg/L | - | - | 0,5 | 0.5 | Cumple |
| Níquel | mg/L | - | - | 0,02 | 0,632 | Cumple |
| Nitrato | mg/L | - | - | 50 | - | Cumple |
| Nitrito | Mg/L | - | - | 3 | - | Cumple |
| Selenio | mg/L | - | - | 0,001 | - | Cumple |
| Parámetros fisicoquímicos | | | | | | |
| Color | UCV | - | - | 15 | 15 | Cumple |
| Turbiedad | UNT | 5,73 | 19,6 | 5 | 5 | No cumple |



| | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------|---------|------|---------------|---|
| Aluminio | mg/L | - | - | 0,2 | 0.05 a 0.2 | - |
| Amoniaco | mg/L | - | - | 1,5 | 1.5 | - |
| Cloruro | mg/L | 5,67 | 39,70 | 250 | 250 | Cumple |
| Dureza | Mg CaCo3/L | 270 | 900 | - | - | Cumple |
| Calcio | Mg Ca/L | 88 | 88 | - | - | Cumple |
| Magnesio | - | - | - | - | - | - |
| Hierro | mg/L | - | - | 3 | 0.3 | - |
| pH | Unidad | 8,1 | 5,9 | - | 6.5 a 8.5 | La muestra 1 cumple, la muestra 2, no cumple |
| Sodio | mg/L | - | - | 200 | 200 | - |
| Sulfatos | - | - | - | 250 | 250 | - |
| SST | Mg/L | 0,00105 | 0.00295 | 1000 | 1000 | Cumple |

Fuente: Autores, 2022

De la tabla anterior, se puede evidenciar que los metales pesados analizados en la investigación, el plomo, cumple con los niveles máximos permisibles propuestos por la Organización Mundial de la Salud-OMS-, y la EPA, puesto que, la concentración obtenida 0,00011 mg/L y el nivel máximo en cada uno es de 0,01mg/L para la OMS, y 0,0015mg/L para la EPA. Sin embargo, con respecto a las concentraciones de plomo en la zona baja del río Magiriaimo, se ha identificado en diversas fuentes bibliográficas las fuentes de su origen, a continuación, se hará un análisis respectivo a su concentración según diversos autores:

Las concentraciones medias de Pb varían significativamente entre los puntos de muestreo, como se observa, aguas arriba no se detecta su presencia, sin embargo, aguas abajo, se detectan 11 µg/L, aunque no es una concentración significativa, su presencia pone en evidencia que existen algunas prácticas que lo ocasionan aguas abajo.

Según Corpopesar (2020), las áreas de interés ambiental desde el punto de vista de conservación y protección que se localizan en la subcuenca del río Magiriaino, están siendo explotadas por la instauración de monocultivos, que ponen en riesgo el estado de la fuente hídrica y la calidad del agua debido a los vertimientos ilegales de aguas residuales que sobre él se realizan (CORPOCESAR, 2019).

Por otra parte, la contaminación que bordea la ronda hídrica del río Magiriaino en Codazzi (Cesar), según el Comité de Gestión del Riesgo (2020), está siendo afectada principalmente por vertimientos ilegales de aguas industriales procedentes de diversos cultivos aledaños, los cuales pueden generar cargas contaminantes de metales pesados a la fuente hídrica, con respecto al metal identificado.

Además, cabe resaltar que las muestras fueron tomadas en época seca o verano, por lo que, se asocia a lo dicho por Montoya (2013), el cual afirma que en temporadas de lluvias las concentraciones de metales disminuían debido a la resuspensión de estos, y por el contrario, en verano existe almacenamiento de este metal en la zona aguas abajo del río Magiriaino, debido al poco movimiento de la corriente.

Para el caso de los parámetros fisicoquímicos, la turbidez para la muestra 1, o zona cabecera, ni la muestra 2: zona baja, no cumplen con los niveles máximos permisibles propuestos por la OMS ni la EPA, puesto que, el valor obtenido fue de 5,73UNT y 19,6UNT respectivamente. La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

Por último, el pH de la muestra 2: zona baja, no cumple con los niveles propuestos por la OMS, EPA, ya que, el rango de esta varía entre 6,5-8, y el valor obtenido fue de 5,9 siendo ligeramente ácido.

Los ríos son sistemas abiertos y sus aguas circulan a fin de que los organismos que dependen de él tengan cierto equilibrio. Varios indicadores constituyen una medida de la calidad del agua en un río. Estas medidas incluyen el oxígeno disuelto, la temperatura y el



pH, que es un indicador de la concentración de iones hidrógeno. También, Lanza Espino et al. (2000) Hacen énfasis en el pH como indicador de calidad de agua.

Otros factores externos que pueden causar fluctuaciones en el pH de un río incluyen los desechos de agricultura, los drenajes ácidos de minería y las emisiones de combustibles fósiles, como el dióxido de carbono, el cual genera un ácido débil cuando se disuelve en el agua del río. En aguas de ríos no contaminados los valores de pH varían de acuerdo con los cambios en su oxígeno disuelto, sulfatos, caudal, cloruro, alcalinidad y aceites.

La variación del pH, pudo ser resultado del vertimiento de la gasolina como combustible fósil, el cual fue explicado con anterioridad, se podrá deducir que, las empresas palmeras están usando combustibles fósiles como gasolina, como fuente de energía, o que si bien, los agricultores de la zona alta están realizando vertimiento de aguas con este combustible proveniente de sus vehículos y lavado de estos, en el río Magiriaimo, por ende, existe un cambio en la zona alta y baja el cual genera un ácido débil cuando se disuelve en el agua del río.

7.3.2.1.1 Cálculo del índice de carga contaminante

El índice de carga contaminante (PLI) se calculó con referencia al factor de contaminación (CF) del As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Este índice proporciona un medio sencillo y comparativo para evaluar el nivel de contaminación por metales pesados. Cuando el PLI > 1 , significa que existe una contaminación por metales pesados, de lo contrario, si PLI < 1 , no hay contaminación por metales (Ramírez, et. Al, 2019).

Tabla 10

Índice de carga contaminante

| Metales | PLI |
|-------------------|------------|
| Plomo (zona baja) | 0,0011 |

Fuente: Autores, 2022

La tabla anterior, permite observar que PLI < 1 , lo cual indica que no existe contaminación por metales pesados en el cuerpo hídrico.



7.3.2.1.2 Encuesta de aplicación a agropecuarios o finqueros de la zona

Adicionalmente, se decidió realizar una encuesta a los agropecuarios de la zona, con el objetivo de identificar cual es el tratamiento que le realizan a las aguas residuales, su vertimiento y afectación del recurso hídrico.

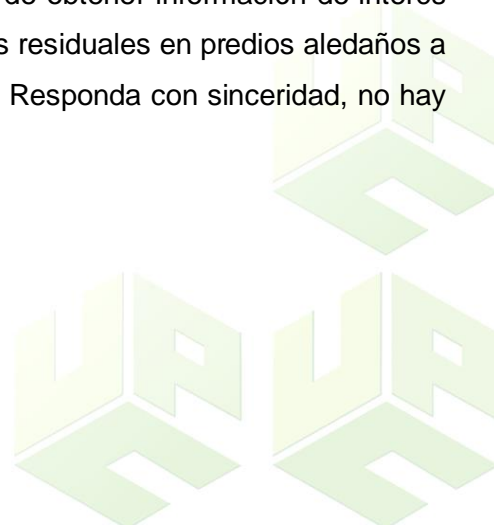
Para la selección de la muestra, se realizó identificando predios cerca de la margen del río Magiriaimo, tanto en la zona baja como en la zona de cabecera. En total, se lograron identificar 15 predios, 8 en la parte alta y 7 en la parte baja del río.

La encuesta estuvo conformada por 15 preguntas, las 5 primeras preguntas estuvieron enfocadas en información básica acerca del encuestado, su edad, nivel de educación, número de habitantes en casa, entre otros. Las preguntas de la 6 a la 15, se realizaron con la finalidad de recopilar información acerca del vertimiento de aguas residuales provenientes de las actividades agrícolas que realizan en el predio, y su afectación al recurso hídrico y la salud de los habitantes.

El formato de encuesta se puede observar en el anexo 3 de la investigación y las encuestas diligencias en el anexo 4.

- **Resultados de la encuesta**

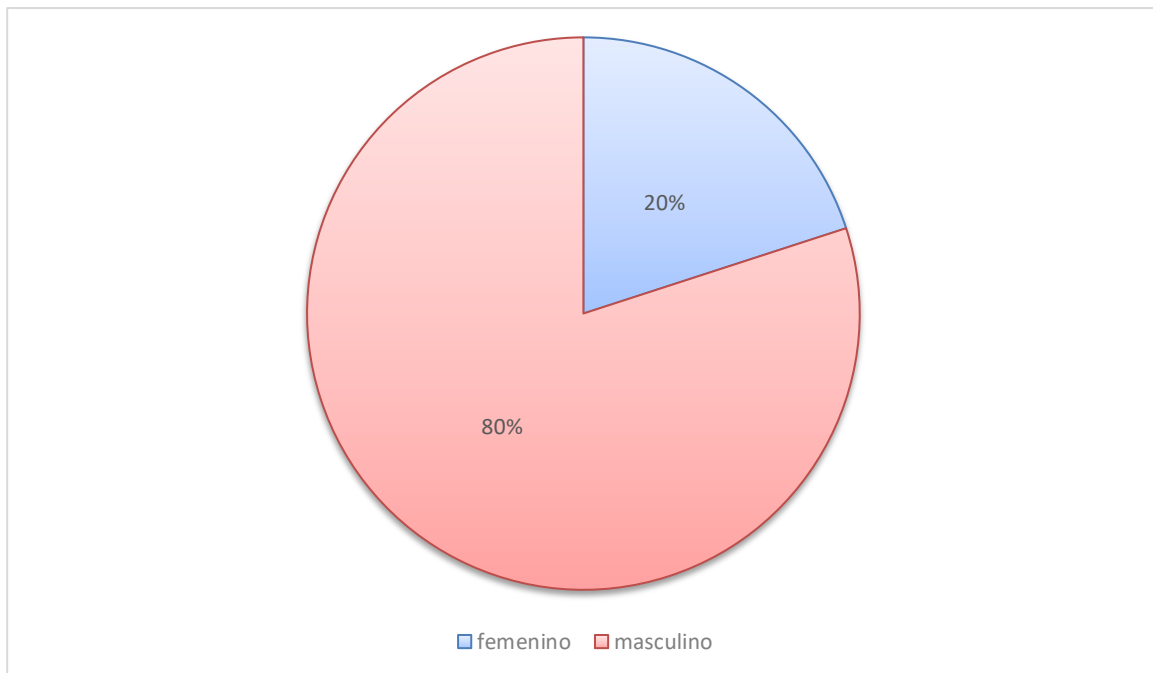
La siguiente encuesta se realizó con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Magiriaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.



En el caso del género de los encuestados, se tuvo que

Figura 19

Género de los encuestados



Fuente: Autor, 2022

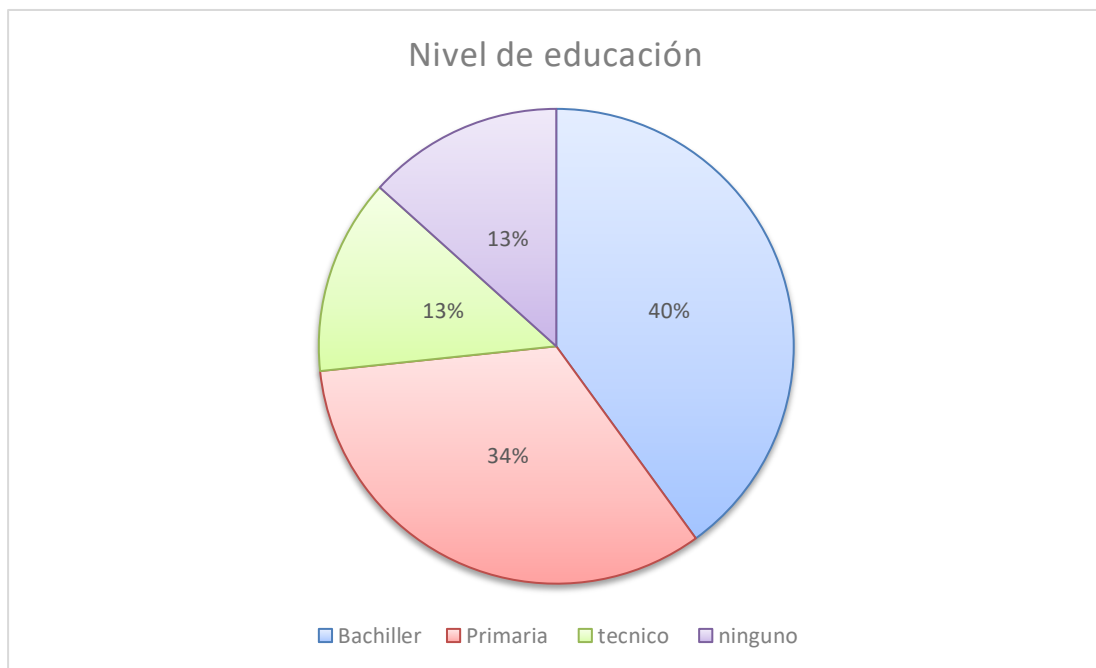
Se pudo evidenciar que del total de encuestados, el 80% es de género masculino.



En el caso del nivel de educación, se tiene que:

Figura 20

Nivel de educación



Fuente: Autor, 2022

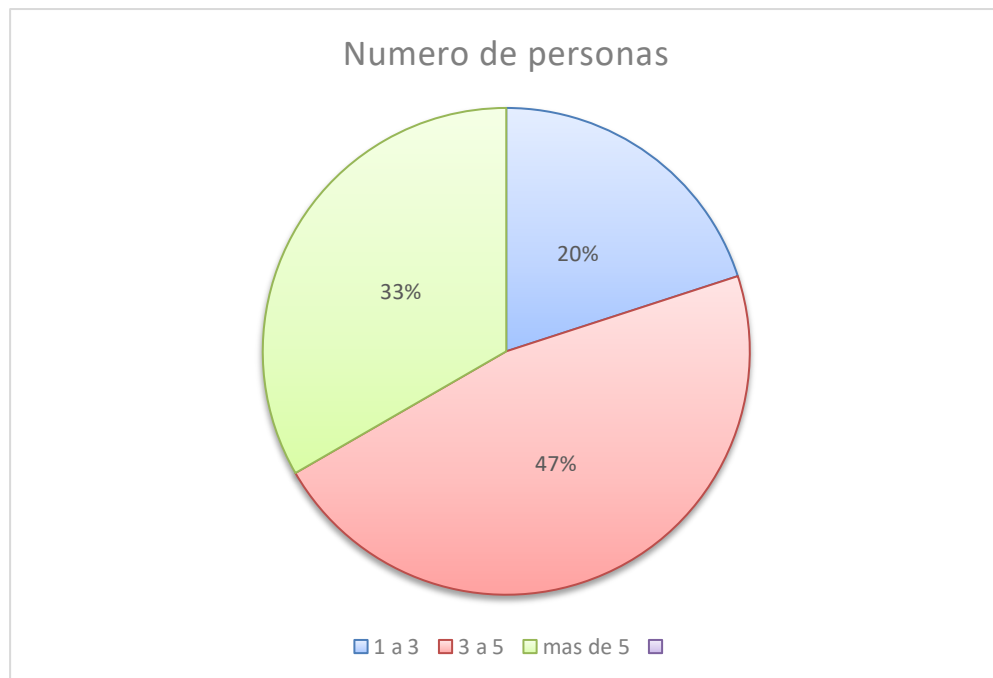
Se evidenció que el 40% de los encuestados es de nivel educativo bachiller, el 34% es de primaria, y el 13% técnicos o de ningún nivel educativo.



Respecto al número de personas que habitan en el hogar se observa a continuación que los encuestados respondieron:

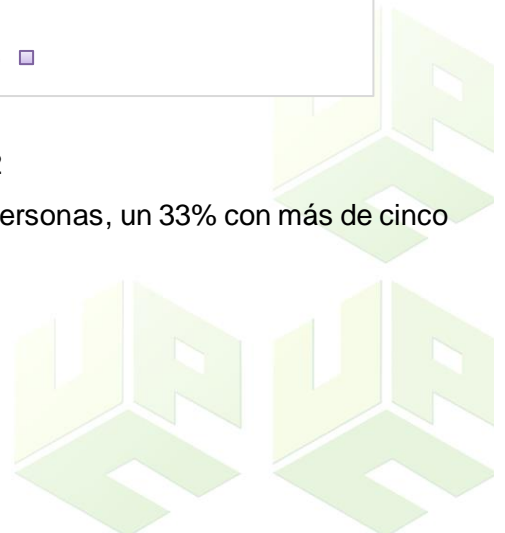
Figura 21

Número de personas que habitan en el hogar



Fuente: Autores, 2022

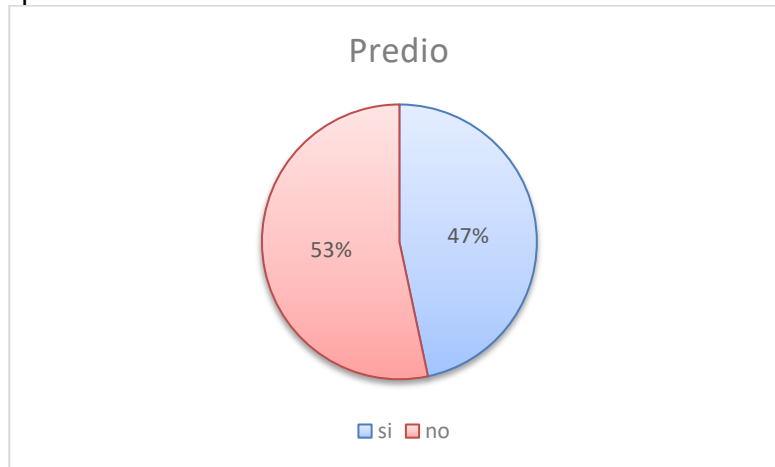
Los encuestado habitan en un 47% con de 3 a 5 personas, un 33% con más de cinco personas y en un 20% con 1 a 3 personas en el predio.



En cuanto al predio y si este es de propiedad o no del encuestado se obtuvo que:

Figura 22

Pertenencia del predio

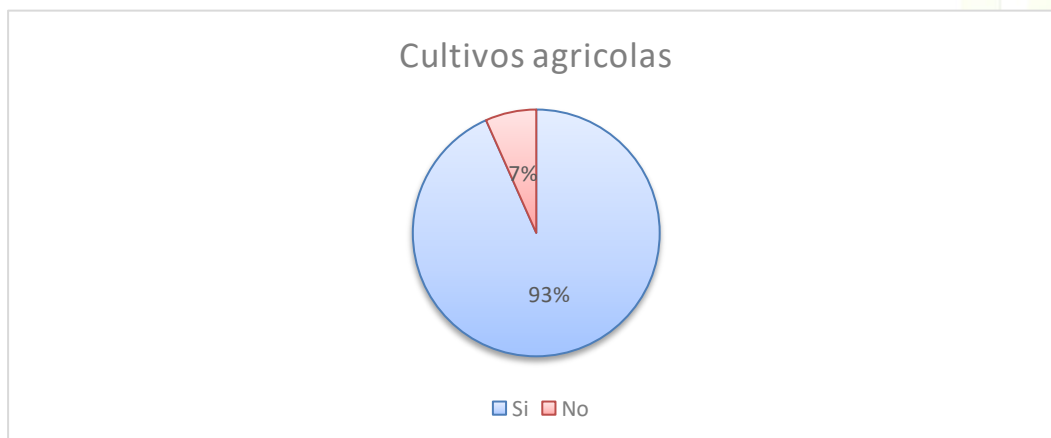


Fuente: Autores, 2022

En el caso del predio, se obtiene que el 53% de los habitantes no posee predio propio, es decir, este es arrendado o alquilado con fines de uso agrícola, prestando servicios de cultivadores en la zona. Para la pregunta, ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?, se obtuvo:

Figura 23

Cultivos agrícolas

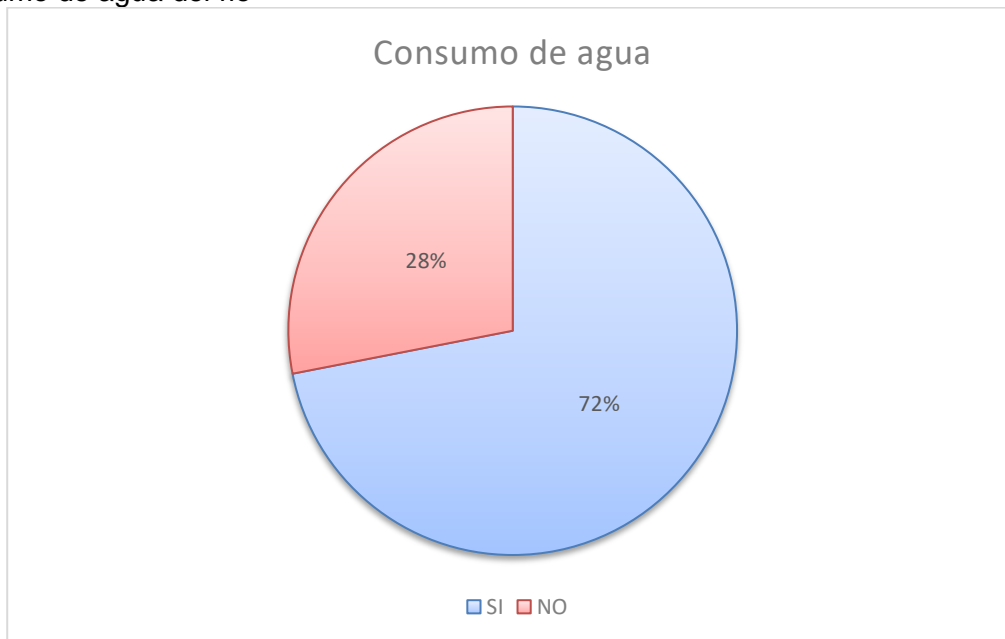


Fuente: Autores, 2022

El 93% de los encuestados posee cultivos agrícolas en el predio. El 7% de estos, no, simplemente los tiene como vivienda. En el caso de la pregunta, ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Magiriaimo?

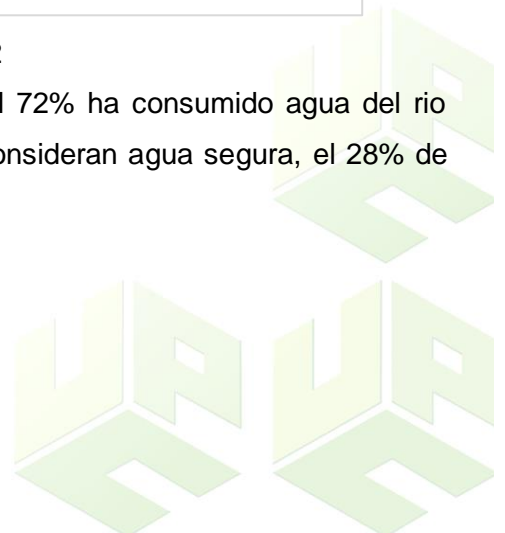
Figura 24

Consumo de agua del río



Fuente; Autores, 2022

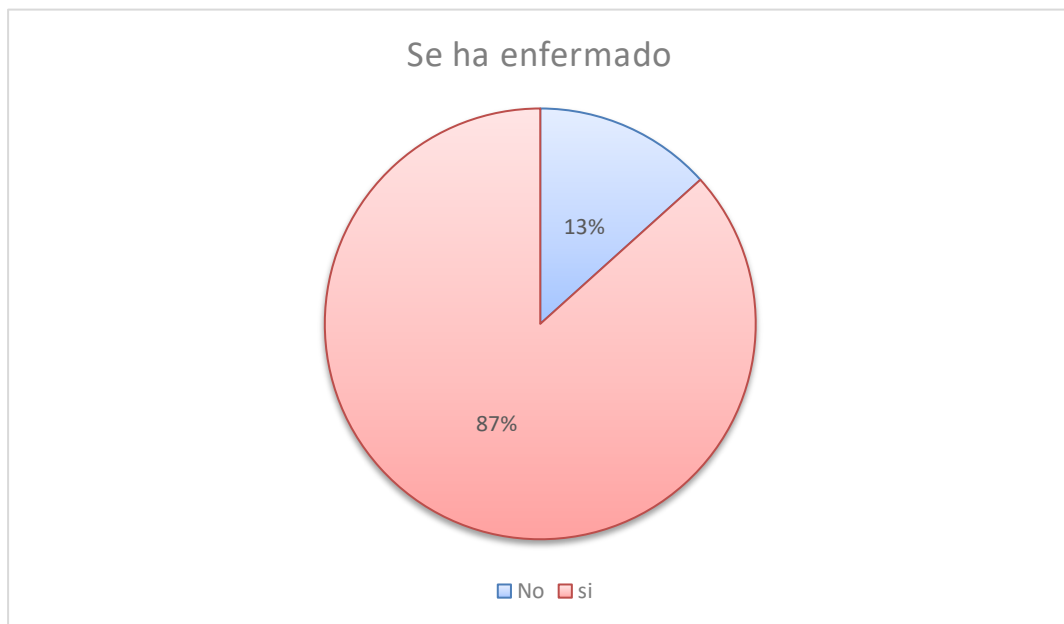
De los encuestados se puede evidenciar que el 72% ha consumido agua del río Magiriaimo sin ningún tipo de tratamiento, ya que, la consideran agua segura, el 28% de estos, no ha consumido agua del río.



Para la pregunta, ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Rio Magiriaimo en mal estado?

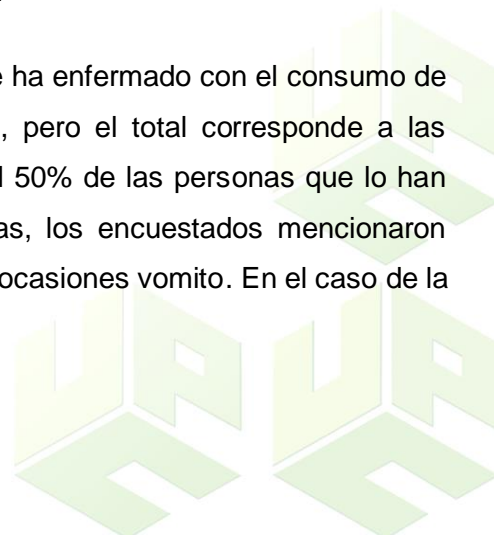
Figura 25

Se ha enfermado por consumir agua del rio



Fuente: Autores, 2022

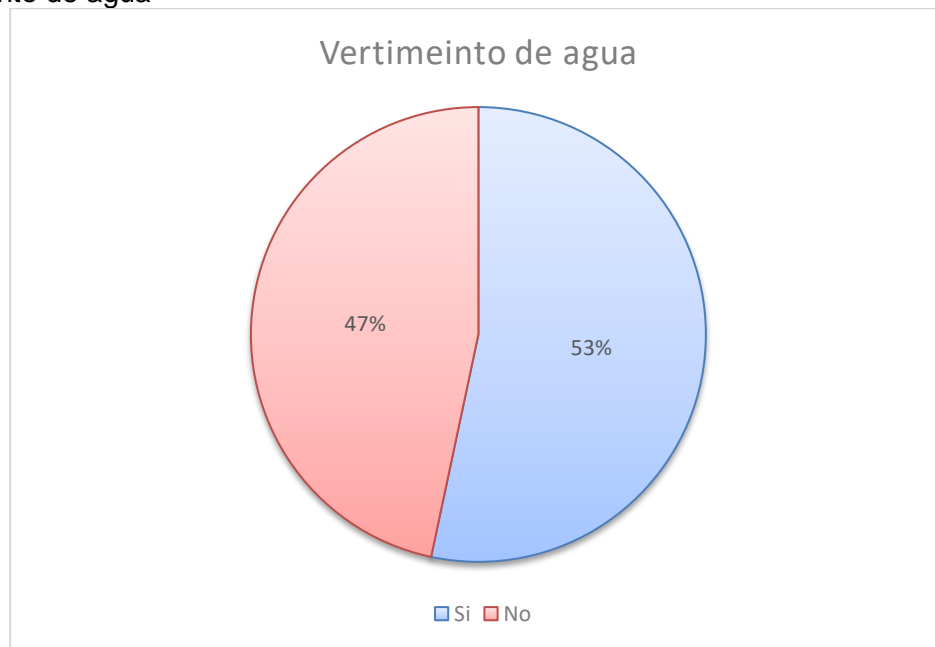
Es evidente, que del 87% de los encuestados, se ha enfermado con el consumo de agua del rio Magiriaimo sin tratamiento. Y el 13% no, pero el total corresponde a las personas que, si han consumido, sin embargo, más del 50% de las personas que lo han hecho, han sufrido afectaciones a la salud, entre estas, los encuestados mencionaron dolores de estómago, retorcijones, diarrea y en algunas ocasiones vomito. En el caso de la pregunta:



¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?, los habitantes respondieron:

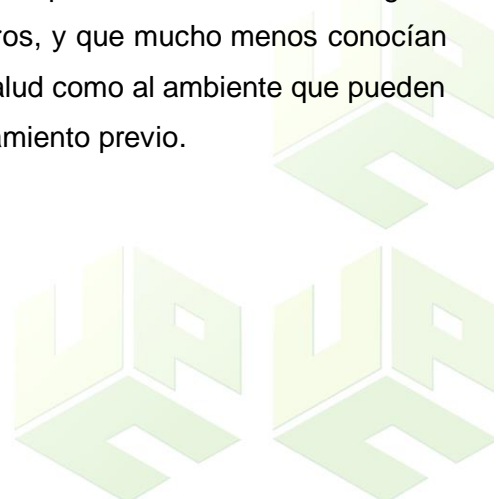
Figura 26

Vertimiento de agua



Fuente: Autores, 2022

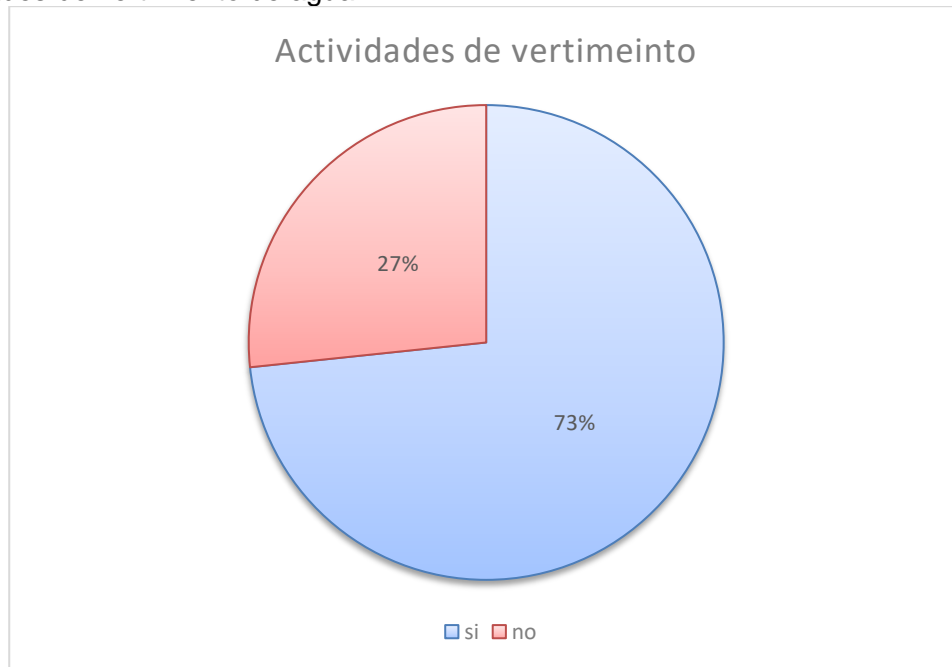
El 53% de los encuestados respondió que si sabe que es el vertimiento de aguas residuales, el otro 47% respondió que no estaban seguros, y que mucho menos conocían la magnitud de las afectaciones o impactos, tanto a la salud como al ambiente que pueden ocasionar el vertimiento de estas sin ningún tipo de tratamiento previo.



En el caso de la pregunta, Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?, se obtuvo que:

Figura 27

Actividades de vertimiento de agua



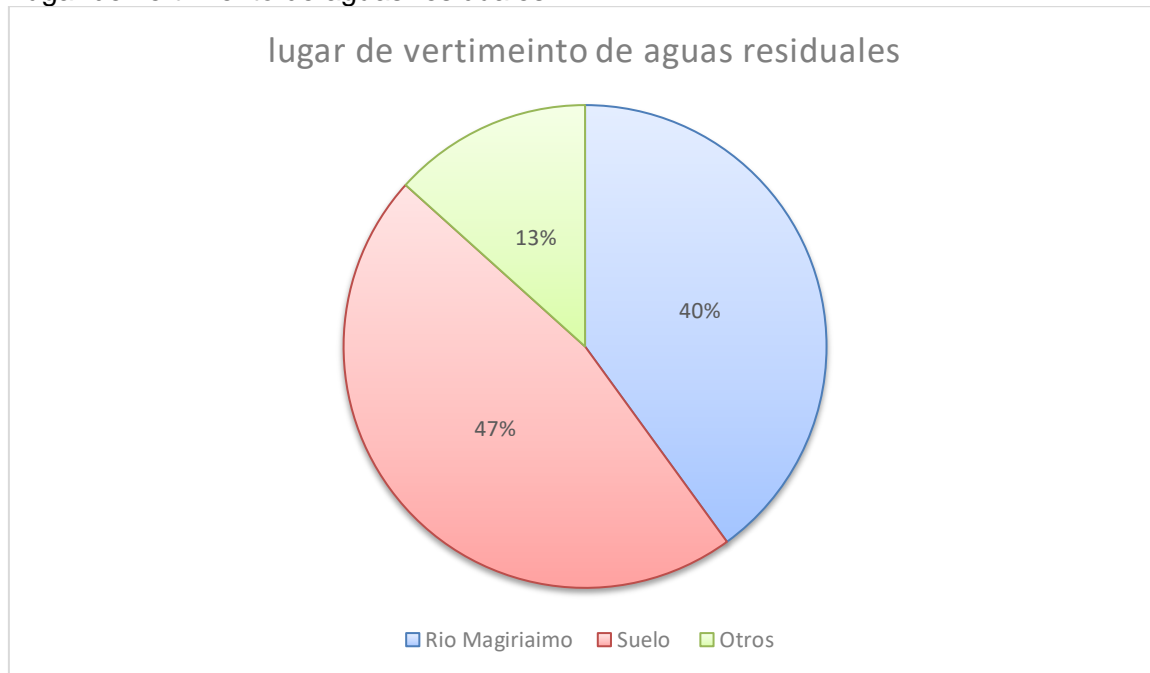
Fuente: Autores, 2022

El 73% de los encuestados mencionó que si realiza actividades que producen aguas residuales en los predios, entre estas, la más frecuente fue el uso de agroquímicos, para el control de plagas en los cultivos que poseen. Galán & Romero (2008), afirman que las actividades agrícolas como el uso de fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol, enmiendas y lodos residuales de depuradoras son varias de las principales fuentes de contaminación por metales pesados en suelos, que posteriormente por escorrentía se depositan en las fuentes hídricas.

Para la pregunta 12, ¿Dónde vierte las aguas residuales provenientes de las actividades que realiza?, los encuestados mencionaron que:

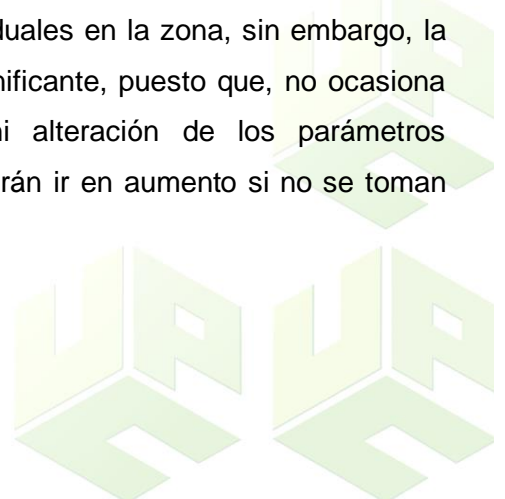
Figura 28

Lugar de vertimiento de aguas residuales



Fuente: Autores, 2022

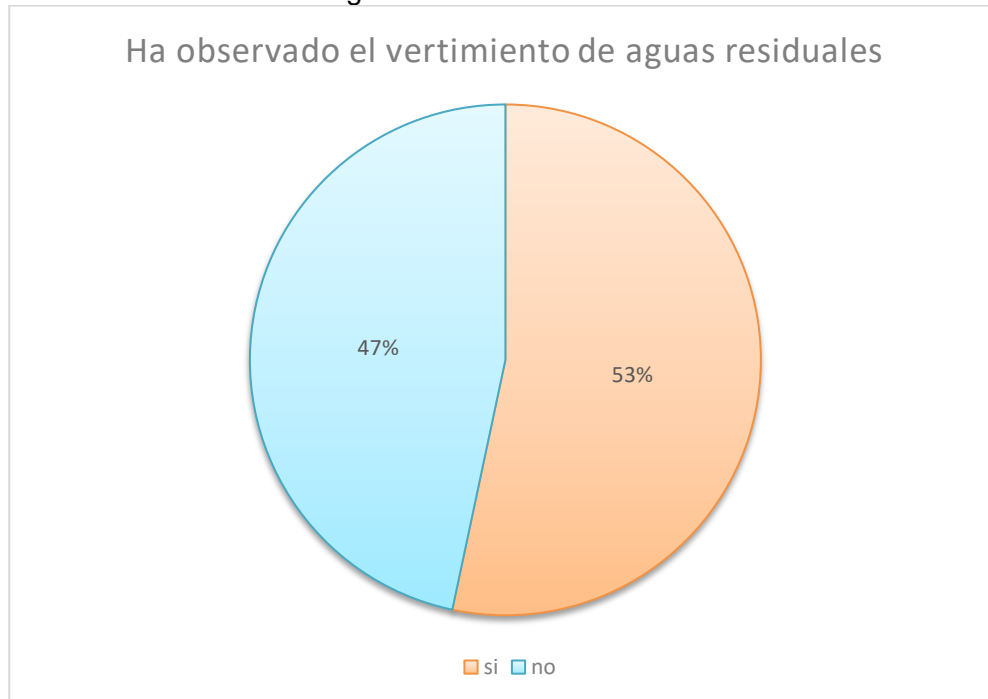
Según las respuestas, es evidente que se están generando impactos ambientales en el suelo y agua debido al vertimiento de aguas residuales en la zona, sin embargo, la magnitud de este sobre el cuerpo hídrico aún es insignificante, puesto que, no ocasiona concentración de metales pesados en el agua, ni alteración de los parámetros fisicoquímicos, pero, con el paso del tiempo, estos podrán ir en aumento si no se toman medidas respectivas.



La pregunta número 13, iba enfocada en si los encuestados han visto verter aguas residuales al rio Magiriaino, esto fue lo que respondieron:

Figura 29

Ha observado el vertimiento de aguas residuales



Fuente: Autores, 2022

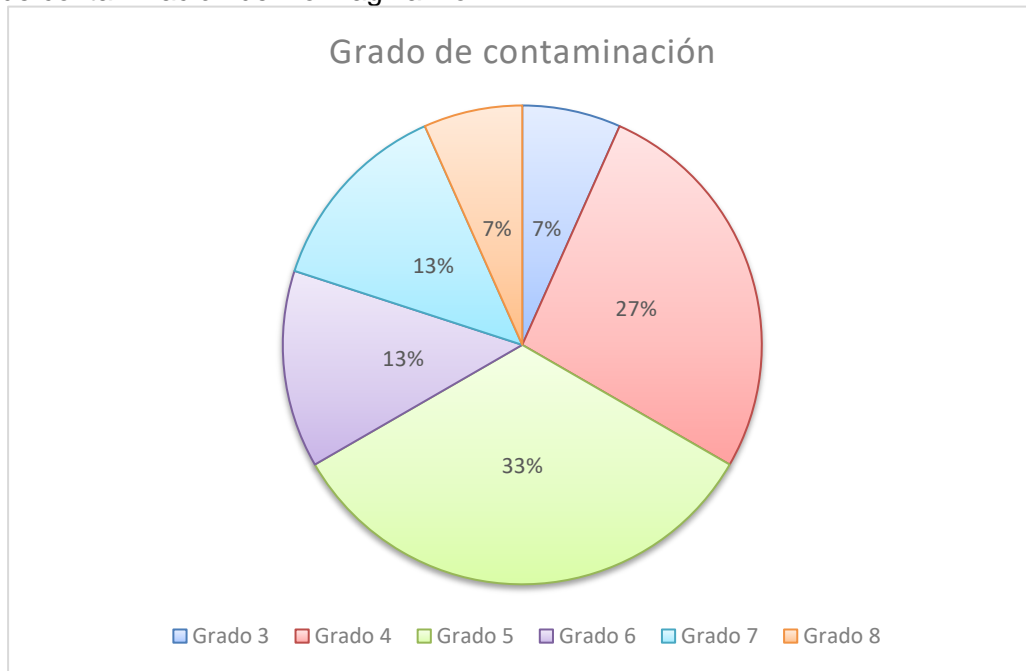
El 53% de los encuestados ha sido testigo de vertimientos de aguas residuales al rio, mencionan que dentro de los mismos vecinos del predio, y el 47%, no.



En el caso de la pregunta 14, Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Magiriaimo?, se tuvo que:

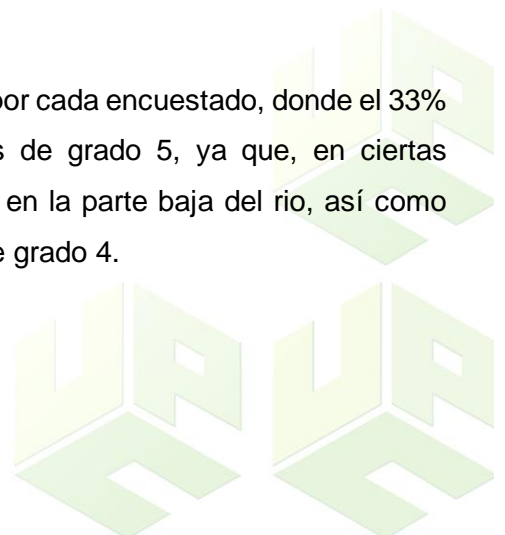
Figura 30

Grado de contaminación del río Magiriaimo



Fuente: Autor, 2022

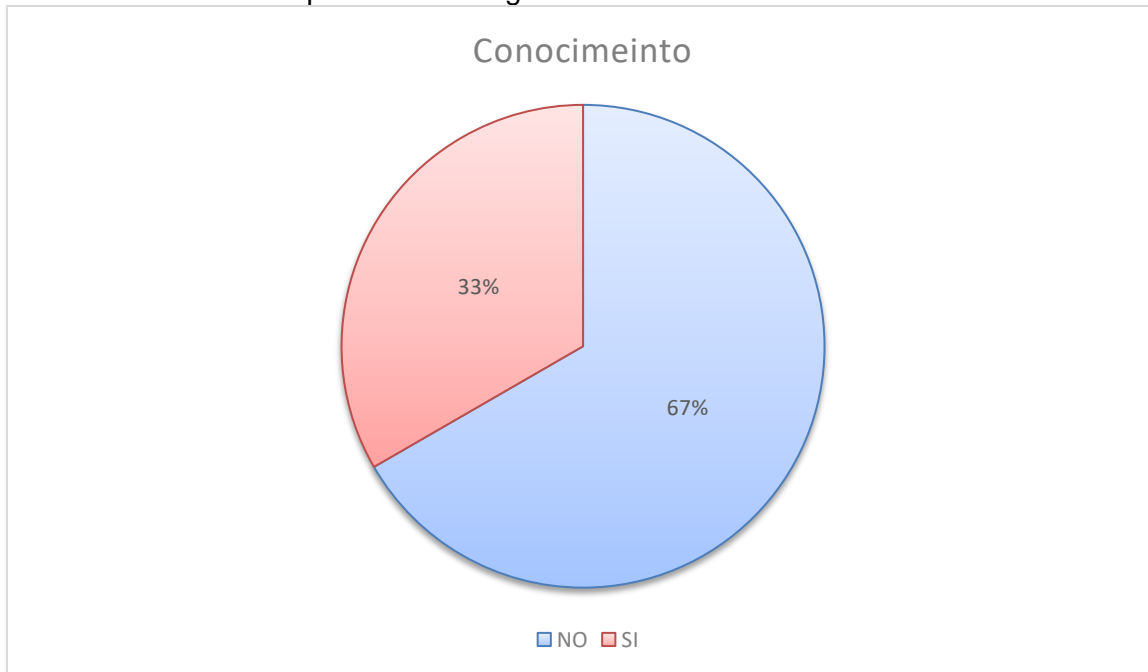
Se evidencia los resultados de manera subjetiva por cada encuestado, donde el 33% considera que la contaminación del río Magiriaimo es de grado 5, ya que, en ciertas ocasiones evidencian aguas negras, basura, y espuma en la parte baja del río, así como malos olores; por otra parte, el 27% menciona que es de grado 4.



Por último, frente a la pregunta: ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?, los encuestados respondieron que:

Figura 31

Conocimiento sobre impactos de las aguas residuales



Fuente: Autor, 2022

Por último, se puede evidenciar que el 67% de los encuestados no conoce las afectaciones o impactos ambientales que ocasiona el vertimiento de aguas residuales a las fuentes hídricas, ni al suelo.

7. Conclusiones

Por medio del desarrollo de la investigación, se logra concluir lo siguiente:

Para el caso del primer objetivo, la caracterización fisicoquímica de las muestras de agua del río Magiriaimo tomadas antes y después del vertimiento de aguas residuales procedentes de cultivos agrícolas, se llevó a cabo mediante el establecimiento de los puntos de muestreo, tomando dos muestras de agua, la primera muestra se tomó un tramo arriba del río Magiriaimo justo antes del canal de vertimientos provenientes de los monocultivos y cultivos agrícolas aledaños, la segunda muestra se tomó un tramo aguas abajo una vez el vertimiento ya ha caído sobre las aguas superficiales del río Magiriaimo. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados mostraron valores de pH para la muestra 1 de 8,18, y la muestra 2 de 5,9. Para los SST se determinó que para la muestra de agua de la zona cabecera se retuvo 0.00105 gramos de SST, mientras que, para la muestra de agua de la zona baja, se obtuvo 0.00295 gramos e SST. La determinación de oxígeno disuelto para la muestra en la zona de cabecera obtuvo un valor de 7.3mg/L, mientras que la de la zona baja, de 6.1mg/L, siendo mínima la diferencia entre ambas. La alcalinidad para ambas muestras fue la misma, $mg\ CaCO_3/L = 20$. La determinación de cloruros para el punto 1: cabecera fue de: $mg\ Cl/L = 5,67$ y para el punto 2: zona baja fue de: $mg\ Cl/L = 39,70$. La determinación de la acidez para el punto 1: Cabecera fue de: $Acidez\ como\ mg\ CaCO_3/L = 24$ y para el punto 2: zona baja de: $Acidez\ como\ mg\ CaCO_3/L = 84$. Por último, en el caso de la dureza total para el punto 1 cabecera fue de: $Dureza\ total\ como\ mg\ CaCO_3/L = 27$ y en el punto 2: zona baja fue de: $Dureza\ total\ como\ mg\ CaCO_3/L = 900$.

Los análisis de laboratorio para la determinación por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), generación de hidruro de absorción atómica espectrométrica (HGAAS) y espectroscopia de absorción atómica de flamas (FLAA), fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, las muestras se trataron según procedimiento interno para lectura de metales (digestión ácida) y posteriormente se analizó la muestra por AAS con horno de grafito. Por medio de los resultados, se pudo determinar que no se detectó la presencia de metales pesados en la zona cabecera o zona alta del Río Magiriaimo. En el caso de la zona baja,



se detectó solo la presencia de Plomo con una concentración de 11 $\mu\text{g/L}$ en la zona baja, los demás metales pesados no fueron detectados en la zona baja del Río Magiriamo. Las muestras fueron tomadas en época seca o verano, por lo que, se asocia a lo dicho por Montoya (2013), el cual afirma que en temporadas de lluvias las concentraciones de metales disminuían debido a la resuspensión de estos, y por el contrario, en verano existe almacenamiento de este metal en la zona aguas abajo del río Magiriamo, debido al poco movimiento de la corriente. Las concentraciones medias de Pb varían significativamente entre los puntos de muestreo, como se observa, aguas arriba no se detecta su presencia, sin embargo, aguas abajo, se detectan 11 $\mu\text{g/L}$, aunque no es una concentración significativa, su presencia pone en evidencia que existen algunas prácticas que lo ocasionan aguas abajo.

Por medio de la revisión bibliográfica se establecieron los niveles máximos permisibles recomendados para Calidad de Agua por la (EPA), la (OMS), y la Resolución 0631 de 2015, norma colombiana. Por medio de la comparación se pudo evidenciar que los metales pesados analizados en la investigación, el plomo, cumple con los niveles máximos permisibles propuestos por la Organización Mundial de la Salud-OMS-, y la EPA, puesto que, la concentración obtenida 0,00011 mg/L y el nivel máximo en cada uno es de 0,01mg/L para la OMS, y 0,0015mg/L para la EPA. Para el caso de los parámetros fisicoquímicos, la turbidez para la muestra 1, o zona cabecera, ni la muestra 2: zona baja, no cumplen con los niveles máximos permisibles propuestos por la OMS ni la EPA, puesto que, el valor obtenido fue de 5,73UNT y 19,6UNT respectivamente. Por último, el pH de la muestra 2: zona baja, no cumple con los niveles propuestos por la OMS, EPA, ya que, el rango de esta varía entre 6,5-8, y el valor obtenido fue de 5,9 siendo ligeramente ácido. Por otra parte, se realizó el cálculo del PLI, donde se constató que el $\text{PLI} < 1$, lo cual indica que no existe contaminación por metales pesados en el cuerpo hídrico.



8. Recomendaciones

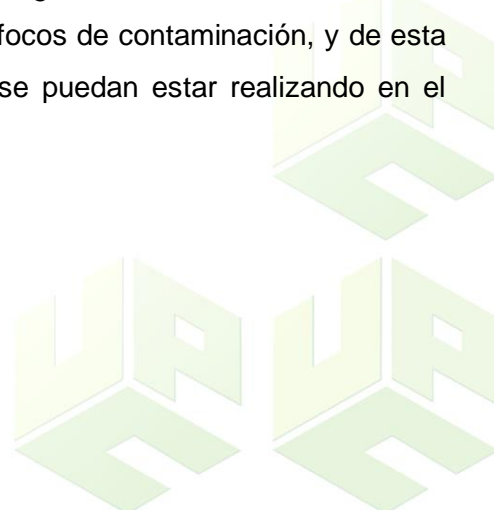
Se plantean las siguientes recomendaciones:

Que se tomen muestras de agua tanto en época seca como en época de lluvia, para de esta manera evaluar el comportamiento de los metales pesados en el cuerpo hídrico en las dos estaciones, y si el nivel de concentración puede verse influenciado en este, ya que, las muestras fueron tomadas en época seca, y no se analizó lo que ocurre en el río en época lluviosa. Posteriormente, hacer la comparación respectiva.

Se recomienda ampliar las investigaciones en materia de contaminación del suelo por metales pesados, ya que se identificó por medio de las encuestas que varias personas que poseen predios, y algunas empresas de la zona, hacen el vertimiento de las aguas residuales al suelo, lo cual afecta principalmente este recurso, sin embargo, por medio de la escorrentía termina en el río Magiriaimo.

Se recomienda además, evaluar los impactos ambientales ocasionados por el vertimiento de aguas residuales en la zona, tanto en el suelo como en el recurso hídrico, teniendo en cuenta las afectaciones sociales que puedan representar para los habitantes que se abastecen del recurso agua.

Se recomienda ampliar las investigaciones hacia el metal detectado en los análisis, puesto que, el plomo es un metal que se usaba en la antigüedad en combustibles fósiles como la gasolina, de esta forma se logra identificar los focos de contaminación, y de esta manera, las actividades o prácticas inadecuadas que se puedan estar realizando en el margen del río.



9. Bibliografía

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA) (2014). Reevaluación de sustancias. Cadmio. Departamento de Salud Pública [online]. Disponible: <http://www.gencat.cat/salut/acsa/>

Agency For Toxic Substances And Disease Control (2011). División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EE. UU. Washington (USA): Servicio de Salud Pública.

Cartaya, I. Reynaldo, C., Peniche, A. (2008), "Cinética De Adsorción De Iones Cobre (II) Por Una Mezcla De Oligogalacturónidos," Rev. Iberoam. Polímero Vol. Iberoam. Polim, vol. 9, no. 95, pp. 473–479.

Crespo, F., Miranda, M., López, M. (2013). Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW (Spain). Food and Chemical Toxicology.

Eris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (España) [PhD. Tesis, Ingeniera Quími-ca]. Valencia (España): Universidad de Valencia, Facultad de Ingeniería.

Eurachem P, Guide, A., (2014). The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2 ed.

Hardman, J., Limbrid, L., Molinoff, R., (2011). The Pharmacological Basis of Therapeutics. 9 ed. Nueva York (USA).

International Programme on chemical safety (2005). Environmental health criteria: Cop-per. Geneva (Suiza): World Health Organization.



Lanphear, B., Dietrich, K. (2012). Cognitive deficits associated with blood lead concentration <10 µg/dL in: U.S. children and adolescents. Pub Health p. 521-529.

McCrill, C., Boyer, L., Flood, T. (2013). Mercury toxicity due to the use of a cosmetic cream. Journal of Occupational and Environmental Medicine p. 4-7.

Melanen, M., Ekqvist, M., Mukherjee, A., Tapola, L., Verta, M. (1990). Atmospheric emissions of heavy metals in Finland in the 1990.

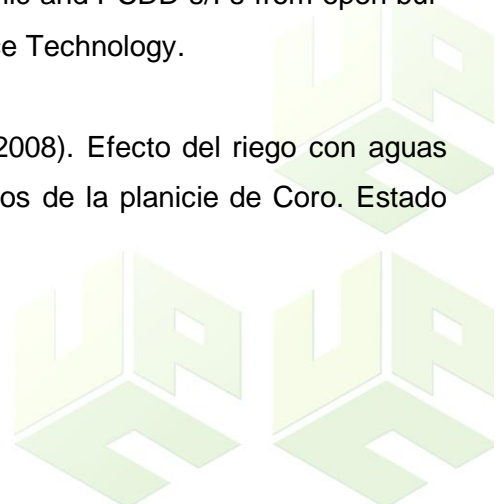
Ruíz, N., Méndez, M., (2011), "Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)," Arch. Neurociencias, vol. 16, no. 3, pp. 140–147.

Pereira, J., Schmidt, L., (2013). Metals determination in milk powder samples for adult and infant nutrition after focused-microwa-ve induced combustion. Microchemical Journal.

Rahimi, E., (2013). Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from di-fferent regions of Iran. Food Chemistry, p. 389–391.

Wasson, S. (2005) Emission of chromium, copper, arsenic and PCDD´s/Fs from open bur-ning of CCA-treated wood. Environmental Science Technology.

Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, R.D. y Yendis, H (2008). Efecto del riego con aguas residua-les sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro. Estado Falcón (Venezue-la): Bioagro.





10. ANEXOS

Anexo 1


Cotización de análisis para la determinación de metales, Universidad Nacional, Sede Medellín.

| | | | | | |
|---|--|------------------------|-------------------------------|---|--|
| | LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL | | | Código: M-007-FT-10.002.006 | |
| | | | | Versión: 05 | |
| | | | COTIZACIÓN DE SERVICIO | | Página 1 de 3 |
| N° Cotización | 21-095 | | | | |
| Razón social | UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR | | | | |
| Nombre de Usuario | Álvaro Osorio Avendaño | | | | |
| NIT | ***** | Cedula | ***** | | |
| Ciudad | ***** | Teléfono (Cel.) | ***** | | |
| Dirección | ***** | | | | |
| Correo electrónico: | ajavierosorio@unicesar.edu.co | | | | |
| Fecha de Expedición | 2021 | 8 | 23 | Fecha de Vencimiento | 2021 10 25 |
| | | | | Forma de Pago | Consiguar a la cuenta corriente de Bancolombia No. 09703696958 Convenio: 2251 a nombre de la Universidad Nacional de Colombia Firmar con número de cédula o NIT. |
| Análisis | Norma o Método | | Precio Unitario | Cantidad | Precio Total |
| Preparación de muestra para absorción atómica (incluye incineración y digestión ácida. No incluye molienda) | Espectrometría de absorción atómica llama aire acetileno | | \$ 27,000 | 2 | \$ 54,000 |
| Contenido de Cobre (Cu) en muestra | Espectrometría de absorción atómica llama aire acetileno | | \$ 39,000 | 2 | \$ 78,000 |
| Contenido de Arsenico (As) en muestra | Espectrometría de absorción atómica - Horno de grafito | | \$ 68,000 | 2 | \$ 136,000 |
| Contenido de Magnesio (Cr) en muestra | Espectrometría de absorción atómica - Horno de grafito | | \$ 68,000 | 2 | \$ 136,000 |
| Contenido de Cadmio (Cd) en muestra | Espectrometría de absorción atómica - Horno de grafito | | \$ 68,000 | 2 | \$ 136,000 |
| Contenido de Plomo (Pb) en muestra | Espectrometría de absorción atómica - Horno de grafito | | \$ 68,000 | 2 | \$ 136,000 |
| OBSERVACIONES | | | | TOTAL | \$ 676,000 |
| ENTIDAD EXENTA DE TODA CLASE DE IMPUESTOS, TASAS, CONTRIBUCIONES Y GRAVÁMENES NACIONALES, DEPARTAMENTALES Y MUNICIPALES, NO RESPONSABLES DE FACTURAR IMPUESTO SOBRE LAS VENTAS, CONFORME A LA LEY 30 DE 1992 ART. 92. | | | | | |
| ENTREGA DE LOS RESULTADOS DENTRO DE LOS 15 DÍAS HÁBILES, POSTERIORES A LA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA Y DEL COMPROBANTE DE PAGO. | | | | | |
| LOS PRECIOS ESTÁN SUJETOS AL NUMERO DE MUESTRAS, PARA UN NÚMERO MAYOR A 4 MUESTRAS EL PRECIO DISMINUIRÁ, PARA UNA SOLA MUESTRA EL PRECIO AUMENTARÁ. | | | | | |
| Elaboró: JCSP | | | | FIRMA | |
| | | | | Cotización aprobada por el Coordinador del laboratorio Diego Luis Durango | |
| | | | | Coordinador del Laboratorio | |



Anexo 2.

Resultados de la determinación de metales por el Laboratorio de la Universidad Nacional, sede Medellín.

| | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p> | GESTIÓN DE LABORATORIOS | Código: M-007-FT-10.002.061 |
| | REPORTE DE RESULTADOS AAS | Versión: 00 |
| | | Página: 1 de 1 |

FECHA

2022 | 02 | 16

Reporte No. 22-AA003

| INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Nombre | : Álvaro Osorio Avendaño |
| Empresa | : UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR |
| Dirección | : NI |
| Teléfono | : NI |
| Ciudad | : NI |
| CONDICIONES DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO | |
| Recepción de muestra No. | : 22-012 |
| Identificación del laboratorio | : 22-080A |
| Identificación del cliente | : MMP01.Agua zona de cabecera |
| Naturaleza de la muestra | : Agua |
| Fecha de recepción | : 2022-02-16 |



| INFORMACIÓN DEL EQUIPO | |
|------------------------|--|
| Equipo | : Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) |
| Marca | : GBC |
| Modelo | : Avanta Σ |
| Accesorios | : Lámparas de cátodo hueco de Pb, Cu, Cd, As |


| RESULTADOS DE ANÁLISIS | |
|--|--|
| TRATAMIENTO DE LA MUESTRA: | |
| Se trató según procedimiento interno para lectura de metales (digestión ácida) y posteriormente se analizó la muestra por AAS con horno de grafito, en la siguiente tabla se presentan los resultados: | |

| DETERMINACIÓN | UNIDADES | RESULTADO | MÉTODO DE ANÁLISIS O NORMA | FECHA DE ANÁLISIS (AAAA-MM-DD) |
|---------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------------|
| Piomo | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |
| Cobre | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |
| Cadmio | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |
| Cromo | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |

| OBSERVACIONES | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> El Laboratorio de Análisis Instrumental reporta los datos obtenidos de la muestra entregada para el análisis y en ningún momento asegura que ésta sea representativa o no del lote. Los resultados presentados en este reporte sólo aplican para la muestra sometida a análisis. Se prohíbe la copia, reproducción o distribución de éste reporte sin la autorización por escrito del coordinador del laboratorio. El resultado ND indica que bajo las condiciones del laboratorio no se detectó presencia del analito de ensayo. | |

| | |
|----------------|--|
| APRUEBA | DIEGO LUIS DURANGO RESTREPO |
| CARGO | Coordinador Laboratorio de Análisis Instrumental |

FIN DE REPORTE

| | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | GESTIÓN DE LABORATORIOS | Código: M-007-FT-10.002.061 |
| | REPORTE DE RESULTADOS AAS | Versión: 00 |
| | | Página: 1 de 1 |

FECHA

2022 02 16

Reporte No. 22-AA004

| INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Nombre | : Álvaro Osorio Avendaño |
| Empresa | : UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR |
| Dirección | : NI |
| Teléfono | : NI |
| Ciudad | : NI |

| CONDICIONES DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Recepción de muestra No. | : 22-012 |
| Identificación del laboratorio | : 22-081A |
| Identificación del cliente | : MMP02Agua zona baja |
| Naturaleza de la muestra | : Agua |
| Fecha de recepción | : 2022-02-16 |



| INFORMACIÓN DEL EQUIPO | |
|------------------------|--|
| Equipo | : Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) |
| Marca | : GBC |
| Modelo | : Avanta Σ |
| Accesorios | : Lámparas de cátodo hueco de Pb, Cu, Cd, As |

| RESULTADOS DE ANÁLISIS | |
|--|--|
| TRATAMIENTO DE LA MUESTRA: | |
| Se trató según procedimiento interno para lectura de metales (digestión ácida) y posteriormente se analizó la muestra por AAS con horno de grafito, en la siguiente tabla se presentan los resultados: | |

| DETERMINACIÓN | UNIDADES | RESULTADO | MÉTODO DE ANÁLISIS O NORMA | FECHA DE ANÁLISIS (AAAA-MM-DD) |
|---------------|----------|-----------|----------------------------|--------------------------------|
| Plomo | µg/L | 11 | Método interno | 2022-02-25 |
| Cobre | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |
| Cadmio | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |
| Cromo | µg/L | ND | Método interno | 2022-02-25 |

| OBSERVACIONES | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> El Laboratorio de Análisis Instrumental reporta los datos obtenidos de la muestra entregada para el análisis y en ningún momento asegura que ésta sea representativa o no del lote. Los resultados presentados en este reporte sólo aplican para la muestra sometida a análisis. Se prohíbe la copia, reproducción o distribución de éste reporte sin la autorización por escrito del coordinador del laboratorio. El resultado ND indica que bajo las condiciones del laboratorio no se detectó presencia del analito de ensayo. | |

| | |
|----------------|--|
| APRUEBA | DIEGO LUIS DURANGO RESTREPO |
| CARGO | Coordinador Laboratorio de Análisis Instrumental |

FIN DE REPORTE



Anexo 3.

Formato de encuesta



**ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIGIAIMO,
CODAZZI, CESAR**

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Magiriaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre _____
2. Edad _____
3. Género _____
____ Femenino _____ Masculino
4. Nivel de educación
____ Primaria
____ Bachiller
____ Técnico
____ Universitario
____ Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
____ 1 a 3
____ 3 a 5
____ > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
____ Si
____ No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
____ Si
____ No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Magiriaimo?
____ Si
____ No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Magiriaimo en mal estado?
____ Si
____ No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
____ Si
____ No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
____ Si
____ No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
____ Fuente hídrica cercana
____ Suelo
____ Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Magiriaimo por parte de habitantes de la zona?
____ Si
____ No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Magiriaimo?

15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
____ Si
____ No



Anexo 4

Encuestas diligenciadas

**ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR**

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Juan Sierra

2. Edad 49

3. Género
 Femenino Masculino

4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno

5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5

6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No

7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No

8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaimo?
 Si
 No

9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaimo en mal estado?
 Si
 No

10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No

11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No

12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro

13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No

14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaimo?
5

15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Alberto Gutierrez
2. Edad 50
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaimo?
6
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIGIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Magiriaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Ernesto Fonseca
2. Edad 60
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Magiriaimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Magiriaimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Magiriaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Magiriaimo?
8
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RÍO MARIQUIAMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquamo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre María Flores
2. Edad 66
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquamo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquamo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquamo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquamo?
4
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaino, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

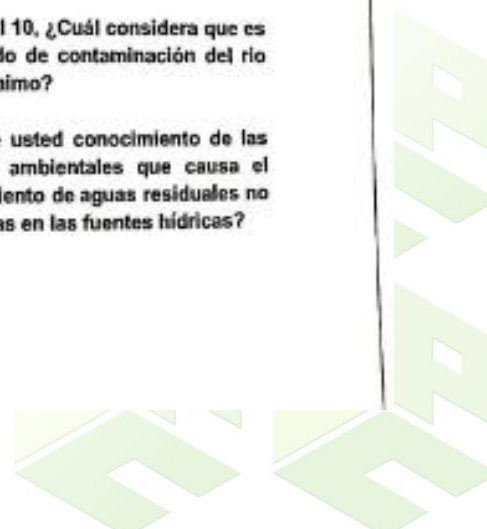
1. Nombre Jairo Pineda
2. Edad 45
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaino?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaino en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaino por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaino?
4
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaino, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Raul Diaz
2. Edad 53
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaino?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o algulen de su familia por tomar agua del Río Mariquiaino en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaino por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaino?
5
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No





ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaino, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Juan Ocampo
2. Edad 48
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaino?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaino en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaino por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaino?
5
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiamo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Gerardo Cardona
2. Edad 58
3. Género Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiamo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiamo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiamo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiamo?
5
15. ¿Tiene usted conocimiento de las daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

- Nombre Reinaldo Jaime
- Edad 62
- Género
 Femenino Masculino
- Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
- Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
- ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
- ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
- ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquaimo?
 Si
 No
- ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquaimo en mal estado?
 Si
 No
- ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
- ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
- ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
- ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
- Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquaimo?
5
- ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

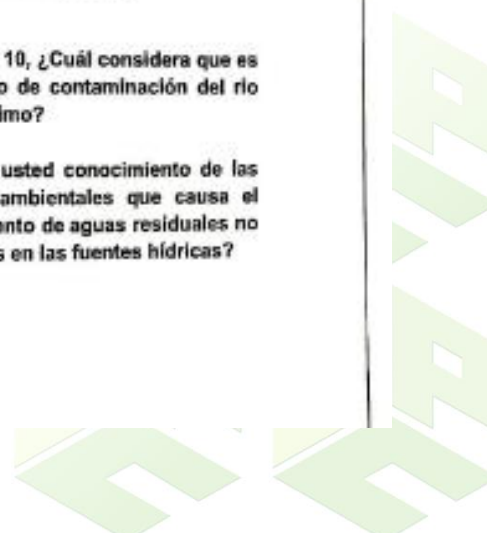
1. Nombre Cristian Coneo
2. Edad 59
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaimo?
6
15. ¿Tiene usted conocimiento de las daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIGIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Magiriaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

- Nombre Carlos Amaya
- Edad 59
- Género
 Femenino Masculino
- Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
- Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
- ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
- ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
- ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Magiriaimo?
 Si
 No
- ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Magiriaimo en mal estado?
 Si
 No
- ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
- ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
- ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
- ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Magiriaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
- Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Magiriaimo?
4
- ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



**ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR**

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiaino, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Diego Cuello
2. Edad 61
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Sí
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Sí
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiaino?
 Sí
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiaino en mal estado?
 Sí
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Sí
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Sí
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiaino por parte de habitantes de la zona?
 Sí
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiaino?
4
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Sí
 No





ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquiraimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

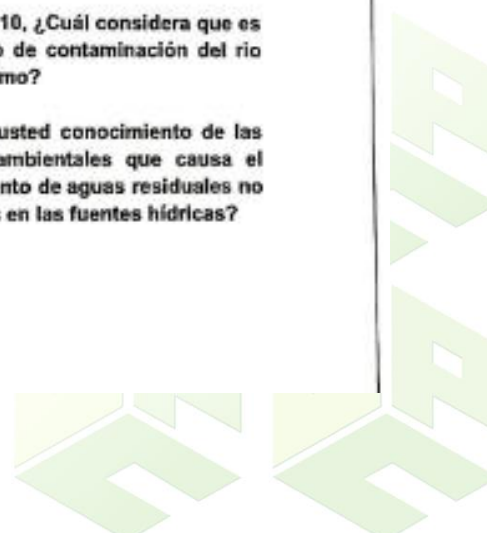
1. Nombre Mariana Pabmino
2. Edad 62
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquiraimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquiraimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquiraimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquiraimo?
3
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No



ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIQUIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Mariquaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Oscar Hernandez
2. Edad 39
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Mariquaimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Mariquaimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Mariquaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Mariquaimo?
7
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No





ENCUESTA INFORMACIÓN SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN
PREDIOS ALEDAÑOS A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO MARIGIAIMO,
CODAZZI, CESAR

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de obtener información de interés académico, acerca del proceso de vertimientos de aguas residuales en predios aledaños a la zona de influencia del río Magiriaimo, Codazzi, Cesar. Responda con sinceridad, no hay respuestas acertadas.

1. Nombre Yomaira Rojas
2. Edad 47
3. Género
 Femenino Masculino
4. Nivel de educación
 Primaria
 Bachiller
 Técnico
 Universitario
 Ninguno
5. Número de personas que habitan en su hogar
 1 a 3
 3 a 5
 > a 5
6. ¿El predio en el que se encuentra es de su pertenencia?
 Si
 No
7. ¿Posee usted a la fecha cultivos agrícolas en el predio?
 Si
 No
8. ¿Alguna vez ha consumido o consume agua del río Magiriaimo?
 Si
 No
9. ¿Alguna vez se ha enfermado usted o alguien de su familia por tomar agua del Río Magiriaimo en mal estado?
 Si
 No
10. ¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
11. ¿Realiza actividades que involucran el vertimiento de aguas residuales domésticas y/o aguas negras?
 Si
 No
12. ¿A dónde vierte las aguas residuales producidas en su predio provenientes de actividades domésticas y agrícolas?
 Fuente hídrica cercana
 Suelo
 Otro
13. ¿Ha sido usted testigo del vertimiento de aguas residuales al río Magiriaimo por parte de habitantes de la zona?
 Si
 No
14. Del 1 al 10, ¿Cuál considera que es el grado de contaminación del río Magiriaimo?
7
15. ¿Tiene usted conocimiento de los daños ambientales que causa el vertimiento de aguas residuales no tratadas en las fuentes hídricas?
 Si
 No