

Identificar la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro por medio de indicadores de calidad del agua

Leicy Alejandra Padilla Cárdenas

Libeth Yorlay Socha Álvarez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente -ECAPMA

Programa de Ingeniería Ambiental

Sogamoso

2020

**Identificar la línea base toxicológica del río Chicamocha en el sector Vado Castro por
medio de indicadores de calidad del agua**

Leicy Alejandra Padilla Cárdenas

Libeth Yorlay Socha Álvarez

Trabajo para optar al título de Ingeniera Ambiental

Director:

Biviana Esperanza Rocha

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente -ECAPMA

Programa de Ingeniería Ambiental

Sogamoso

2021

Página de Aceptación

Biviana Esperanza Rocha

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Sogamoso- 2021

Dedicatoria

Esta tesis esta dedica a mis padres Hercilia Álvarez y Nelson Socha por que siempre han estado para mí, por su bendición, su apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo he logrado a cumplir una de tantas metas y propósitos en mi vida, a ellos le debo mi esfuerzo de salir adelante, agradecida por inculcarme la valentía y los grandes valores para ser la mujer que soy. A mis hermanos, por su cariño y admiración, a mi esposo e hijo por su comprensión y solidaridad y demás familia en general que con sus oraciones, consejos y motivación hacen de cada día sea una mejor persona.

LIBETH YORLAY SOCHA ALVAREZ

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por ayudarme a lograr este triunfo académico y contribuir al crecimiento personal para ser cada día mejor. A mi Madre Alba Amparo Cárdenas, que con su amor y cariño ha sabido formarme con principios y valores los cuales me han ayudado a salir adelante y cumplir mis metas propuestas. A mi padre Joaquín Padilla que ahora es un ángel en mi vida y quien fue el que me enseñó a luchar día a día por cumplir mis logros mis sueños y nunca rendirme. A mi hermana y a mi abuelita por estar siempre dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento difícil de mi vida.

LEICY ALEJANDRA PADILLA CARDENAS

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la Ing. Biviana Rocha por su invaluable aporte de conocimientos contribuidos al estudio por dirigir este proyecto con su dedicación, su tiempo y la entrega de cada una de las etapas de la investigación. A la entidad ambiental de Corpoboyacá por proporcionarnos los medios e información para el desarrollo del presente trabajo. A todos los integrantes del Semillero de investigación Metamorfo Zueboy que contribuyeron de una u otra manera para lograr el desarrollo y la finalización de este Proyecto de Grado.

Resumen

En el Río Chicamocha se encuentran sustancias tóxicas que degradan la naturaleza y la salud pública, por tal fundamento en el siguiente estudio se busca identificar una línea base toxicológica del Río Chicamocha por medio de indicadores biológicos, fisicoquímicos y microbiológicos, que permiten diagnosticar la calidad de este recurso hídrico, que presenta un impacto a causa de las descargas de vertimientos provenientes de usos domésticos e industriales en el sector Vado Castro. La cuenca del río Chicamocha tiene una alta contaminación, además se evidencia la falta de control y de compromiso por parte de las entidades encargadas de llevar a cabo el seguimiento del recurso hídrico y los parámetros de oferta, demanda y calidad (Obando, 2019, pág. 195).

El propósito del estudio es evaluar y comparar el estado y la calidad del recurso hídrico por dos metodologías, con bioindicadores e índices de calidad, analizando y verificando que cargas contaminantes se hallan en el sector donde se realiza el estudio y en qué estado se encuentra el río; respecto a la presencia de contaminantes críticos y sustancias tóxicas. Para lograr los objetivos del estudio se realizó una investigación exhaustiva de estudios previos y revisión de caracterizaciones históricas realizadas por Corpoboyacá y firmas consultoras, así como se logró realizar el análisis y monitoreo de algunos parámetros de interés sanitario (Hierro, Nitritos, Fenoles, Potasio, Sodio, Magnesio y Manganeso), con el propósito de revisar las concentraciones de acuerdo a lo reglamentado por la norma Colombiana y establecer con respecto a los datos históricos investigados en fuentes secundarias, si en efecto hay algún cambio o la presencia de éstos compuestos químicos se mantiene y en qué concentraciones.

Como resultado final del estudio se obtiene la comparación de las metodologías para determinar índices de calidad del agua, por medio de indicadores e índices de calidad, calculados

para el Sector Vado Castro, para determinar el estado en que se encuentra la cuenca hídrica. La información necesaria se obtiene por medio del plan de ordenamiento del recurso hídrico de la cuenca alta y media del río Chicamocha para así verificar en qué porcentaje y clasificación se encuentra. Según (Samboni, et al, 2007, pág. 51) Los índices de calidad (ICA) y los índices de contaminación (ICO), se basa en una expresión matemática sencilla y una clasificación para cada índice de calidad, la determinación se hace mediante una combinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Palabras claves: toxicidad, agua residual, metales pesados, recurso hídrico, industrial y doméstico.

Abstract

In the Chicamocha River there are toxic substances that degrade nature and public health, for this reason, the following study seeks to identify a toxicological baseline of the Chicamocha River through biological, physicochemical and microbiological indicators, which allow diagnosing the quality of this water resource, which has an impact due to discharges of effluents from domestic and industrial uses in the Vado Castro sector. The Chicamocha river basin is highly polluted, and the lack of control and commitment on the part of the entities in charge of monitoring the water resource and the supply, demand and quality parameters is evidenced (Obando, 2019, p. 195).

The purpose of the study is to evaluate and compare the state and quality of the water resource by two methodologies, with bioindicators and quality indices, analyzing and verifying that pollutant loads are in the sector where the study is carried out and in what state the River; regarding the presence of critical pollutants and toxic substances. To achieve the objectives of the study, an exhaustive investigation of previous studies and a review of historical characterizations carried out by Corpoboyacá and consulting firms was carried out, as well as the analysis and monitoring of some parameters of sanitary interest (Iron, Nitrites, Phenols, Potassium, Sodium, Magnesium and Manganese), with the purpose of reviewing the concentrations in accordance with what is regulated by the Colombian standard and establishing with respect to the historical data investigated in secondary sources, if in effect there is any change or the presence of these chemical compounds is maintains and in what concentrations.

As a final result of the study, the comparison of the methodologies to determine water quality indices is obtained, by means of indicators and quality indices, calculated for the Vado Castro Sector, to determine the state of the water basin. The necessary information is obtained

through the water resource management plan of the upper and middle basin of the Chicamocha River in order to verify in what percentage and classification it is found. According to (Samboni, et al, 2007, p. 51) The quality indices (ICA) and the contamination indices (ICO), are based on a simple mathematical expression and a classification for each quality index, the determination is made by a combination of physicochemical and microbiological parameters.

Keywords: toxicity, waste water, heavy metals, water resources, industrial and domestic.

Tabla contenido

Lista de tablas.....	11
Lista de figuras.....	14
Lista de anexos.....	16
Introducción.....	17
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación.....	21
Estado del Arte.....	23
Objetivos.....	30
Marco teórico.....	31
Marco conceptual.....	38
Marco legal.....	41
Marco geográfico.....	45
Metodología.....	48
Comparación de índices de calidad del agua.....	55
Diagnóstico ambiental del área en estudio.....	55
Resultados y Discusión.....	113
Conclusiones.....	118
Recomendaciones.....	121
Referencias Bibliográficas.....	123
Anexos.....	131

Lista de tablas

Tabla 1	37
Índice BMWP/ Colombia	37
Tabla 2	47
Coordenadas del área de estudio	47
Tabla 3	83
Monitoreo sector Vado Castro 2018	83
Tabla 4	85
Monitoreo sector Vado Castro 2019	85
Tabla 5	86
Monitoreo sector Vado Castro 2020	86
Tabla 6	88
Monitoreo en planta de tratamiento de agua residual de Belencito 2020	88
Tabla 7	91
Rangos índices de contaminación	91
Tabla 8	92
Determinación ICOMI Corpoboyacá	92
Tabla 9	94
Determinación ICOMO 2018 Corpoboyacá	94
Tabla 10	95
Determinación ICOSUS 2018 Corpoboyacá	95
Tabla 11	96
Determinación ICOTRO 2018 Corpoboyacá	96
Tabla 12	97
Determinación ICOMI Corpoboyacá 2019	97
Tabla 13	98
Determinación ICOMO 2019 Corpoboyacá	98

	12
Tabla 14	99
Determinación ICOSUS 2019 Corpoboyacá	99
Tabla 15	99
Determinación ICOTRO 2019 Corpoboyacá	99
Tabla 16	100
Datos para determinar ICOS	100
Tabla 17	101
Determinación ICOMI 2020	101
Tabla 18	102
Determinación ICOMO 2020	102
Tabla 19	103
Determinación ICOSUS 2020	103
Tabla 20	104
Determinación ICOTRO 2020	104
Tabla 21	105
Determinación ICOMO 2020 Acerías Paz del Río	105
Tabla 22	106
Determinación ICOSUS 2020 Acerías Paz del Río	106
Tabla 23	107
Determinación ICOTRO 2020 Acerías Paz del Río	107
Tabla 24	107
Consolidado de los índices de contaminación en el sector Vado Castro del Río Chicamocha	107
Tabla 25	109
Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la estación Vado Castro del año 2007	109
Tabla 26	109
Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la estación Vado Castro del año 2009	109
Clasificación de la calidad de agua de la estación Vado Castro acuerdo al índice	110

BMWP/Col (Roldán, 2003) año 2007	110
Tabla 28	111
Clasificación de la calidad de agua de la estación Vado Castro acuerdo al índice	111
BMWP/Col (Roldán, 2003) año 2009	111

Lista de figuras

Figura 1. Localización General del Río Chicamocha.	46
Figura 2. Ubicación de Puntos de Muestreo	47
Figura 3. Identificación de usuarios.	57
Figura 4. Fotografía cultivo de cebolla	58
Figura 5. Fotografía cultivo de arveja	58
Figura 6. Fotografía cultivo de papa.	59
Figura 7. Fotografía cultivo de maíz	59
Figura 8. Fotografía cultivo de pastos.	60
Figura 9. Fotografía cultivo de tomate	60
Figura 10. Fotografía de vertimientos	62
Figura 11. Fotografía de vertimientos.	62
Figura 12. Fotografía captación	64
Figura 13. Fotografía captación.	64
Figura 14. Fotografía captación	65
Figura 15. Fotografía de regadío	68
Figura 16. Fotografía de ganadería	69
Figura 17. Fotografía de componente social	71
Figura 18. Calidad del Río Chicamocha	72
Figura 19. Afectación por la contaminación del Río Chicamocha a la comunidad	74
Figura 20. Participar en talleres prevención y preservación de la fuente hídrica.....	75
Figura 21. Agua para riego.....	76
Figura 22. Tipo de agua que utiliza.....	77
Figura 23. Frecuencia de riego	77

Figura 24. Calidad de agua para el riego.....	78
Figura 25. Manejo de prácticas agrícolas.....	79
Figura 26. Intervención de autoridades.....	80
Figura 27. Conocimiento de legislación.....	80
Figura 28. Participación de talleres.....	81
Figura 29. Implementación de buenas prácticas agrícolas.....	82
Figura 31. Objetivos de Calidad. Fuente: PORH 2.....	114

Lista de anexos

Anexo 1. Acta de consentimiento informado para comunidad encuestada	13131
Anexo 2. Formato de encuesta para la comunidad del Sector Vado Castro	1322
Anexo 3. Formato de Encuesta para el sector agrícola de Vado Castro	1344
Anexo 4. Reporte e informe de resultados de Corpoboyacá del año 2018	1377
Anexo 5. Reporte e informe de resultados de Corpoboyacá del año 2019	13838
Anexo 6. Reporte e informe de resultados semillero Metamorfo ZueBoy del año 2020	13939
Anexo 7. Reporte e informe de resultados de Parámetros Especiales del año 2020	14141
Anexo 8. Reporte e informe de resultados de la empresa Acerías Paz del Rio del año 2020.	1422
Anexo 9. Radicado de corpoboyaca	1433

Introducción

El presente proyecto de investigación tiene como propósito identificar la calidad del agua del río Chicamocha en el sector Vado Castro, por medio de indicadores fisicoquímicos y bioindicadores; teniendo en cuenta que en este sector del río se encuentran varios vertimientos provenientes del sector industrial, agrícola y doméstico. Debido a las actividades antrópicas que se realizan a lo largo de la corriente hídrica y en especial en el tramo en estudio, la agricultura e industria; han generado a lo largo del tiempo la necesidad de evaluar la influencia de la actividad humana sobre este sistema acuático a través monitoreos y caracterizaciones de la calidad del agua, que permitan establecer el estado, composición, características e identificar si en algún momento éstas aguas han presentado algún parámetro de interés sanitario fuera de los límites máximos permisibles y algún grado de toxicidad e impacto en la salud humana. Para realizar ésta investigación se realizó una revisión de las caracterizaciones y monitorios históricos que se encuentran en estudios previos, así como el análisis de bioindicadores (macro invertebrados acuáticos) e indicadores calculados a partir de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, para contrastar el cumplimiento con respecto a la normatividad vigente y también identificar la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro y de esta manera evidenciar los cambios en la calidad hídrica que ha sufrido éste tramo del río, considerando que allí confluyen vertimientos de tipo industrial, doméstico y agrícola.

Teniendo en cuenta la importancia en la sostenibilidad del recurso hídrico en condiciones de calidad y el cumplimiento de las metas establecidas de descontaminación de la corriente y los

usos establecidos por la autoridad ambiental, se realiza inicialmente la recolección información de fuentes secundarias, ya que el estudio requiere de información existente y estudios previos sobre la calidad del agua del Río Chicamocha, donde se logra realizar el inventario de agentes vertedores y actividades antrópicas en el tramo Vado Castro. Posteriormente se realiza la recolección de información primaria con la toma de muestras de agua en dos épocas diferentes del año, los análisis de las muestras se efectuaron en un laboratorio certificado para obtener veracidad en los resultados y así compararlos con la Resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales.

Finalmente se implementan diferentes metodologías para determinar los Índices de Calidad y Bioindicadores que permitan establecer si la corriente hídrica ha mejorado su calidad en los últimos años, y si los usos que se le está dando a estas aguas son acordes a ésta calidad, sin comprometer la salud de la comunidad y las actividades realizadas por los usuarios del río.

Como resultado de la aplicación de diferentes metodologías para determinar calidad del agua, se realiza una evaluación comparativa de los índices de calidad y bioindicadores, calculados para el tramo Vado Castro del Río Chicamocha, encontrando que la calidad del Río está altamente afectada por las descargas de aguas residuales de tipo doméstico, industrial y agrícola.

Planteamiento del Problema

La cuenca del Río Chicamocha es una de las más importantes en la región de Boyacá, pero está catalogada como la segunda más contaminada. Según Obando C (2019) la cuenca se encuentra en jurisdicción de 24 Municipios: Chivatá, Combita, Corrales, Cuítiva, Duitama, Firavitoba, Iza, Motavita, Nobsa, Oicatá, Paipa, Pesca, Santa Rosa de Viterbo, Siachoque, Sogamoso, Sora, Socará, Sotaquirá, Tibasosa, Toca, Tópaga, Tota, Tunja y Tuta (pág. 13); de estos municipios los grandes centros urbanos donde se desarrollan actividades económicas y productivas del departamento de Boyacá son Tunja, Duitama, Paipa y Sogamoso; es así que al transcurrir los años ha sido evidente que el problema principal es la alta concentración de contaminantes en el Río Chicamocha por los vertimientos que recibe de tipo doméstico, comercial, agropecuario e industrial.

Boyacá es un municipio que tradicionalmente se ha dedicado a la agricultura y ganadería utilizando estas aguas contaminadas para riego de cultivos, pastos y consumo animal, además por éstas actividades se incrementa el uso de pesticidas y fertilizantes en los suelos lo que aporta grandes cargas de sustancias tóxicas principalmente al suelo y por infiltración o vertimiento directo también al río. De acuerdo con la información recolectada en el plan de manejo y ordenamiento de la cuenca hidrográfica del río Chicamocha – POMCA, en la cuenca alta existen diferentes tipos de vertimientos que contaminan al recurso hídrico, 66 vertimientos corresponden al tipo doméstico, 32 son de tipo industrial, 14 de tipo municipal, y otros 10 de carácter desconocido, para un total de 122, según la actualización POMCA (2015). De acuerdo a los vertimientos que se descargan en el río será la calidad del mismo, de ahí que se requiera investigar e identificar qué características en composición han presentado éstas aguas en el sector

de Vado Castro en estudios previos y contrastarlos con la calidad actual, ya que la presencia de vertimientos industriales y en especial de empresas como la Siderúrgica Acerías Paz del Río supone la presencia de metales pesados como sulfatos, cloruros, nitratos de plomo, cromo, cadmio, mercurio, entre otros y compuestos orgánicos sintéticos como derivados halógenos del petróleo; por lo que se debe verificar y establecer que parámetros de interés sanitario han estado fuera de los límites permisibles de acuerdo a las normas ambientales y si en algún momento el río ha presentado características de peligrosidad que representen un riesgo para la salud humana.

Los pobladores aledaños al Río Chicamocha en el sector de Vado Castro utilizan esta agua para diferentes usos, sin tener el conocimiento previo de que contaminantes o sustancias tóxicas contiene la fuente hídrica, el agua es utilizada para riego de cultivos agrícolas (cebolla, hortalizas, papa, maíz), de esta manera surgen problemas tanto para el ecosistema natural como para la salud de la población por el consumo de los diferentes cultivos de la zona que son regados con aguas de esta fuente, lo cual es un inminente riesgo para la salud humana, ya que se pueden generar enfermedades de origen hídrico, teniendo en cuenta que los ríos son el principal receptor de los vertimientos y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales ya sea domésticas o industriales, la utilización de éste recurso para riego de cultivos, plantea la urgente necesidad de estudiar la transferencia de la contaminación desde la fuente de generación, su incidencia en el río, en la salud humana y realizar un seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad, normatividad ambiental y usos que se encuentran establecidos para este tramo del río Chicamocha.

Justificación

La cuenca del río Chicamocha es una de las fuentes hídricas más relevantes del departamento de Boyacá; a pesar de ser un importante río, está catalogado como el segundo río más contaminado del país. (Chacón, 2017, pág. 14). Esta contaminación se ha presentado por el beneficio de medidas ambientales y políticas inoperativas, a falta de inversiones primordiales y oportunas, vigilancia, seguimiento y controles escasos de parte de los entes encargados. Según lo anterior el proceso de descontaminación del flujo de agua ha sido un proceso pausado que inicio con la aparición de la legislación ambiental para vertimientos, como es el decreto 1594 de 1984, sobre usos del agua y vertimientos líquidos, además con con el establecimiento de las metas de calidad del río, a través de los Planes de Saneamiento, Manejo de Vertimientos y la Resolución 631 de 2015. (Chacón, 2017, pág. 14)

Esta fuente hídrica evidencia un entorno anóxicos y olores putrefactos originados por la contaminación y agentes patógenos que provienen de los desechos como también sustancias tóxicas, que amenazan la flora y fauna de la vida acuática (Torres, 2009, pág. 22). Otro aspecto que genera degradación a este ecosistema acuático es la variedad y deficientes prácticas agrícolas que realizan en la zona estudiada, especialmente de los habitantes que está asentada en la ribera del río, a causa de las lluvias por medio de la escorrentía gran parte de estos residuos químicos se infiltran o son arrastrados por medio de partículas de suelos contaminados con pesticidas y fungicidas. Adicionalmente el Río Chicamocha es receptor del ingreso de aguas con temperaturas elevadas que modifican y alteran las variables físicas- químicas y bacteriólogos de la cuenca hídrica (Torres, 2009, pág. 22). Por consiguiente la evaluación periódica para analizar la condición actual del Río Chicamocha es de suma transcendencia para establecer la concentración

de contaminantes y de esta manera garantizar el bienestar de las poblaciones asentadas en el sector Vado Castro, es por esto que a través de esta investigación se pretende identificar la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro por medio del cálculo de indicadores y bioindicadores de calidad del agua, a partir de fuentes secundarias de información y estudios previos, así como integrando muestreos en puntos estratégicos del Río Chicamocha, con la intención de obtener datos con veracidad que se utilizan para determinar las condiciones de calidad recientes del sistema hídrico mediante análisis e interpretación de resultados; lo cual permitirá recomendar y entablar métodos de control, protección y conservación del recurso, evaluación y valoración de parámetros de calidad de acuerdo a la normatividad a nivel nacional.

Verificando los antecedentes e información de estudios previos es evidente, la ausencia y falta de análisis de parámetros de interés sanitario y de carácter toxicológico, aun cuando en el Sector Vado Castro del río Chicamocha se vierten aguas contaminadas con químicos usados en procesos agroindustriales, también aguas residuales generadas en procesos industriales y metales pesados.

Con la identificación y análisis de la calidad histórica que ha presentado el río Chicamocha, se espera que los personajes involucrados en el proceso de contaminación del río reconozcan las consecuencias del inadecuado manejo que se le está dando al río y desarrollen e implementen mejores prácticas y tecnologías al interior de sus procesos para contribuir a la descontaminación de la fuente. Por lo tanto, este documento será un aporte informativo para todos los involucrados en el proceso de contaminación y que ocasionan impactos significativos en la calidad de la fuente hídrica.

Estado del Arte

En el presente trabajo se enmarcan las investigaciones de estudios científicos de la calidad de agua respecto a los parámetros de toxicidad de aguas superficiales que se han realizado a nivel internacional, nacional, departamental y local.

Iniciando con lo internacional como en Perú que realizó un trabajo de campo de las principales fuentes de contaminación y la calidad de las aguas de los Ríos Santo Tomas, Cusco y Río Tambobamba en Apurímac (Ecofluidos ingenieros S.A. 2012). Donde la metodología utilizada para la toma de muestras fue un monitoreo puntual y se obtuvieron resultados de altos niveles de contaminación de origen fecal y metales pesados superiores a los valores límites establecidos por el reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano y los valores sugeridos por la OMS. Donde se determina realizar estricto control de la calidad microbiológica del agua. Por su parte en Honduras se realizaron estudios para analizar la calidad y riesgo de la contaminación del agua en la microcuenca del Río la Soledad, Valle de Ángeles, se realizaron dos muestreos en época seca y lluviosa se utilizó un mecanismo recolección de 38 muestras pseudo-réplicas, los parámetros que se analizaron fueron: pH, oxígeno disuelto, NO₃-N, fósforo, sólidos totales, disueltos y suspendidos, temperatura, coliformes totales y fecales; en dos estaciones se discutió la presencia de plaguicidas por medio de análisis SIG y se establecieron los indicadores de deterioro de la calidad del agua (Cardona, 2015). Los resultados que se obtuvieron fueron altas concentraciones de plaguicidas, metales pesados y sólidos totales. Fueron estos parámetros los que explicaron el comportamiento negativo del índice de calidad del agua y el impacto negativo en la salud pública y acuática; por lo tanto, se excedió del valor máximo admitido para agua potable y para toxicidad acuática. Como se puede resaltar la investigación de toxicidad de las aguas superficiales en una zona con actividad minera en el río Aconcagua en

Chile que se estableció por medio de métodos biológicos de bioensayos de inhibición del crecimiento de microalgas unicelulares *Pseudokirchneriella subcapitata*, se relacionó con las concentraciones de metales pesados, donde se muestrearon siete puntos en cuatro meses consiguientes (Gaete et al., 2007). En los resultados, se logró establecer que en algunos períodos se observó una correlación de microalgas y que las muestras de aguas revelaron toxicidad a lo largo todos los períodos de estudio ya que las concentraciones más altas son de molibdeno y cobre; razón por la cual superó las normas de calidad del agua y se muestran los impactos de la actividad minera sobre la calidad de las aguas superficiales.

En el ámbito nacional se manejó una metodología para determinar la toxicidad y carga tóxica de los seis efluentes del campo de producción de Cira-Infantas, perteneciente a la empresa de Ecopetrol de la ciudad de Bucaramanga, donde se valoró la calidad del agua de los cuerpos receptores (Caño la Cira y Caño Reposo), mediante pruebas de toxicidad con tres organismos de la región, el alga *Scenedesmus subspicatus*, la macrófita *Lemna aequinoctialis* y el cladóceros *Moinodaphnia macleayi* (Serrano, 2013, pág.1). Los muestreos de campo se realizaron en tres épocas climáticas: lluvias, sequía y transición sequía-lluvias sobre dos cuerpos de aguas superficiales, en total se tomaron seis muestras por época para cada caño y seis muestras de vertimientos en una sola época. Se buscó establecer el potencial tóxico de los efluentes (Ba^{+2} y $NaCl$) por medio de bioensayos adicionales. Ya que la concentración de estos iones (Ba^{+2} y Cl^{-}) sobrepasan los límites permisibles. Los organismos mostraron sensibilidad al tóxico de ($K_2Cr_2O_7$), desarrollando las exigencias dadas por los protocolos internacionales para los bioindicadores en estudios eco toxicológicos. En los resultados toxicológicos se identificó que las estaciones 2 y 3 presentaron mayor toxicidad; razón por la cual son las que vierten las mayores cargas tóxicas a los cuerpos receptores. Se reafirma la calidad de los análisis toxicológicos en la apreciación de la toxicidad del vertimiento mediante la batería de bioensayos, presentaron

toxicidad para *S. subspicatus* mostrada en la inhibición del crecimiento y en los otros organismos el crecimiento fue nulo para valorar el impacto sobre este ecosistema. En las muestras de agua se obtuvo altas concentraciones de Bario y Cloruros. También se han realizado estudios de toxicidad aguda en el río Fucha en la ciudad de Bogotá donde se realizaron bioensayos utilizando semillas de *lactuca sativa l.* para evaluar fitotoxicidad. El bioensayo se realizó por medio de la exposición de semillas a la muestra de agua del río. Se observó una evidente toxicidad sobre las semillas ápices radicales con necrosis moderada, poco desarrollo en los pelos absorbentes de la raíz y necrosis en al menos uno de los cotiledones (Giraldo, Chirivi, 2019, pág.1).

Respecto a las investigaciones realizadas en el departamento de Boyacá, éstas han permitido establecer la relación entre la calidad del recurso hídrico y la salud humana, identificando los impactos negativos que tienen las actividades antrópicas sobre el Río Chicamocha y la contaminación que generan los vertimientos de cada actividad, ya que los problemas de salud pública y el deterioro de los recursos naturales, es cada vez más acelerada y con mayor severidad. Debido a la falta de saneamiento básico y disposición inadecuada de residuos sólidos o líquidos, de industriales, domésticos y agrícolas. Por lo tanto, se deben implementar programas orientados al mejoramiento de la calidad del cuerpo hídrico. En cuanto al riesgo biológico se han evaluado bacterias y protozoos presentes en el cuerpo de agua del río Chicamocha, un ejemplo es el realizado en el municipio de Boavita - Boyacá, por medio de un análisis cuantitativo de riesgo microbiológico. Para el desarrollo de este estudio se realizaron cuatro muestreos, en las orillas y en la mitad del río y un quinto muestreo de agua tratada y el método de recuento en placa, utilizando medios selectivos para el aislamiento de *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Enterococcus*, donde se incubaron de 48 a 72 horas, a una temperatura entre 35-37°C, para la cuantificación de unidades formadoras de colonia por duplicado en los medios selectivos se utilizó la técnica de Mac Master, para la determinación de parásitos

gastrointestinales, para el análisis de la información, se emplearon los estadísticos no paramétricos que mencionó (Delgado Vargas, 2019). Como resultado del análisis se mostró un porcentaje de infección del 100% que seguramente, podrían provocar enfermedades a los seres humanos que consumen esta agua. En investigaciones elaboradas en la calidad del agua de la cuenca alta en el río Chicamocha, encontraron Coliformes totales, indicando contaminación fecal en el cuerpo de agua y recomendaron revisar los riesgos sanitarios y enfermedades, por el uso de estas aguas. Como también informó (CORPOBOYACÁ, 2006) los valores superiores de Coliformes totales y fecales a los límites permisibles de los decretos 1594 de 1984 y 3930 de 2010 donde la presencia de actividad ganadera en las riberas del río afecta la calidad del agua de la cuenca, porque altera principalmente los parámetros microbiológicos, generando contaminación por coliformes totales, Enterococos intestinales, *Giardia sp.*, entre otros parásitos. En la cuenca media del río Chicamocha del municipio de Toca se presenta una mayor influencia antrópica en expansión, por lo tanto, se observan varios cambios en el cuerpo de agua, por causa de la carga orgánica de vertimientos y aguas lluvias resultantes de los afluentes de la actividad agrícola y pecuaria en esta región, donde se establecieron bacterias indicadoras de contaminación fecal, en la metodología se establecieron siete estaciones de muestreo localizados en los afluentes, así como en cada uno de los gradientes que estos generan, los muestreos se realizaron en diferentes condiciones climáticas por (Gamboa, Cifuentes, 2015). Se ejecutó por seis meses, en los dos períodos de la estacionalidad pluviométrica. La determinación de las bacterias aerobias mesófilas se realizó por medio del método de recuento en placa, empleando el agar. Los recuentos de coliformes fecales se efectuaron de acuerdo con el sitio de muestreo y a las variaciones estacionales. Los valores más altos se encontraron en las muestras tomadas de los afluentes y sobrepasan los límites permisibles. con la revisión de estudio previos y fuentes secundarias de información, se puede

establecer que a nivel Boyacá no se han realizado estudios pertinentes sobre la toxicidad del Río Chicamocha.

A nivel local se han trabajado investigaciones relacionadas con la contaminación de la cuenca del Río Chicamocha por los vertimientos del municipio de Sogamoso resaltando que son domésticos, agrícola, pecuario, e industrial, donde lo principal es conocer el estado de calidad de agua, por lo tanto, se han realizado monitoreos en distintas épocas del año para determinar la contaminación del cuerpo de agua. En la metodología se realizan cuatro campañas de monitoreo de calidad hídrica de 24 horas a los vertimientos más representativos de la cuenca para diferentes sectores como lo indica la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Con la toma de muestras se determinó que los parámetros analizados sobre pasan los límites permisibles de la normatividad vigente, lo que se evidencia que esta agua no es apta para el consumo humano.

En Colombia el uso de bioindicadores que son utilizados para evaluar la calidad del agua en Ríos ha sido realizados por medio de muestreos y monitores de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, aplicando el indicador BMWP de Roldan (2003), para la identificación de macro invertebrados acuáticos, donde se comparan los resultados con este índice que es adoptado por la autoridad ambiental. Después se hace la identificación de taxones y se efectúa un análisis estadístico que permite relacionar el componente biótico con el abiótico. Asimismo, resalta los procesos que se debe realizar para la recolección y conservación del material de estudio, información importante a la hora de la elaboración de la metodología. La comunidad de macro invertebrados acuáticos mejor estudiada en Colombia es la entomofauna. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejor conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua. Es necesario profundizar en

el estudio de algunos grupos como los anélidos, moluscos, ácaros y dípteros, de los cuales aún falta conocimiento de su taxonomía y autoecología. (Roldan, 2016, pag.1)

Las investigaciones realizadas en el Departamento de Boyacá de bioindicadores, han sido estudiadas en la cuenca alta y media del Río Chicamocha. (CORPOBOYACA, 2009) llevo a cabo un estudio biótico, en el cual se distribuyeron dieciséis puntos de muestreo en cinco tramos, éstos se ubicaron en el Río Chicamocha entre la ciudad de Tunja y la ciudad de Sogamoso, a los cuales se les realizo monitoreo biológico y la captura de macroinvertebrados, se identificaron taxonómicamente hasta familia y se clasifico la calidad de agua en cada estación empleando como referencia el índice biótico es BMWP/Col (Biotic Monitoring Work Party) modificado por Roldan (2003). Por otra parte, en esta fuente hídrica se desarrolló una propuesta de un índice multimétrico de macro invertebrados con el fin de valorar el estado ecológico de cinco ríos y quebradas de las cuencas alta y media del Río Chicamocha. Se caracterizaron parámetros fisicoquímicos y biológicos de la comunidad de macro invertebrados acuáticos en tres tramos de referencia y nueve estaciones con diferente grado de alteración por deforestación, modificación de hábitats y vertimientos domésticos e industriales. Se calcularon 21 métricas de la comunidad de macro invertebrados, de las cuales se seleccionaron seis para la conformación del índice multimétrico de macro invertebrados (IMARBO) mediante correlaciones con el gradiente ambiental. Para las métricas seleccionadas se calculó su Eficiencia Discriminativa (ED) entre estaciones de referencia y perturbadas. El índice incluyó la riqueza de familias de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), el % de riqueza de Ephemeroptera, el % de riqueza de Plecoptera, la abundancia total de individuos, el % de abundancia de Filtradores y el índice BMWP/Col. (Vera y Pinilla 2020, pág. 1)

Como también se realizó un estudio en época de invierno y verano en el que seleccionaron quince estaciones, por características físicas como descargas, aportantes, procesos

de sedimentación, oxigenación y que permiten realizar un correcto análisis de cada punto de muestreo. Dichas estaciones se encuentran distribuidas en la Cuenca Alta del Río Chicamocha y se ubican entre la ciudad de Tunja y el municipio de Sogamoso (Boyacá). Inicialmente se hizo la recolección de muestras para después hacer su respectiva identificación taxonómica del material recolectado para clasificar la calidad del agua, empleando el índice biótico BMWP/. Para cada estación se evaluó pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, temperatura del agua, temperatura ambiente, caudal, sólidos totales disueltos (STD), profundidad y geopotenciamiento de cada estación, se realizó la captura de macro invertebrados de neuston y neuston utilizando la red D-net y la red telescópica. Los resultados del índice biótico, de las dieciséis estaciones evaluadas ninguna se ubicó en la clase I de calidad de agua buena, perteneciente a aguas muy limpias, únicamente la estación La Reforma presentó características de calidad de agua aceptable clase II, clasificado como agua ligeramente contaminada. Las estaciones La Vega, Chicamocha y Granja Porcicola se ubican dentro de la clase III, perteneciente a aguas moderadamente contaminadas y calidad dudosa. Se clasificaron como aguas muy contaminadas a las pertenecientes de las estaciones Oicata, Río de Piedras, Siberia, Surba, San Rafael y Puerto López, ubicadas en la clase IV y de calidad crítica. Las estaciones Arboleda, Termo Paipa, Puente Chameza, Nazareth y Vado Castro se catalogaron como clase V de calidad muy crítica y calificada como aguas fuertemente contaminadas. Se encontró un ASPT de rango 4-5, indicando que se encuentran taxas con capacidad de vivir en aguas moderadamente contaminadas y taxas muy frecuentes en todo tipo de agua incluyendo aguas contaminadas. Por lo cual la principal característica de las taxas es encontrar es la supervivencia en aguas muy contaminadas y con baja disponibilidad de factores bióticos y abióticos necesarios para las funciones vitales, es así como en la estación Vado Castro solo se encontró una familia, la cual tiene la capacidad de sobrevivir en condiciones anaeróbicas. (Rocha, 2007, pág. 33)

Objetivos

Objetivo general

Identificar la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro a través de indicadores biológicos, fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

Objetivos específicos

Describir las actividades antrópicas que afectan la calidad del agua del río Chicamocha en el sector Vado Castro del municipio de Sogamoso.

Establecer un inventario de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de interés sanitario que aportan un carácter tóxico al agua superficial y que afectan la calidad del agua del río Chicamocha en el sector Vado Castro; a partir de la investigación de fuentes secundarias de información.

Determinar indicadores biológicos, fisicoquímicos y microbiológicos de calidad del agua para el sector Vado Castro a partir de datos históricos y parámetros monitoreados.

Marco teórico

Al pasar los años la dinámica poblacional aumenta y con ello el crecimiento de las industrias y las necesidades para suplir recursos demandantes por la humanidad, esto implica que es indispensable hacer uso de los recursos naturales, es así como en las labores diarias se utilizan y requieren sustancias que afectan directamente e indirectamente a los recursos naturales, en este sentido es evidente que uno de los recursos más afectados es el agua por la existencia de innumerables sectores industriales que generan vertimientos de aguas contaminados con distintas sustancias; y a esto se le suma las descargas de uso doméstico, agrícola, y municipal que alteran las condiciones de calidad de las fuentes hídricas restringiendo la utilización del agua y por el contrario favoreciendo el aumento de problemas de salud, y las afectaciones ambientales, además que las aguas superficiales están en constante contaminación también por el arrastre de material particulado y disuelto.

Aguas residuales

El Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, define las aguas residuales como aquellas aguas que contienen material disuelto y en suspensión, luego de ser utilizadas por una sociedad o industria (Bautista, N, et al, 2014, Pág. 19). Estas aguas son provenientes de todas las actividades del ser humano así como se mencionó anteriormente, las aguas residuales crudas son vertidas en fuentes y, cauces hídricos sin ningún tratamiento previo, algunas de las sustancias que reciben los ríos son como materiales tóxicos, compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos, sólidos o partículas en suspensión, grasas y aceites, *Escherichia coli*, el agua residual tiene una composición con propiedades fisicoquímicas y biológicas no deseables, la composición y la concentración de las aguas superficiales trata aspectos socioeconómicos de la población y esta concentración dependerá del caudal.

Contaminación de aguas superficiales

Las aguas superficiales además de la contaminación a causa de uso doméstico, industrias y agrícolas también se pueden contaminar por el arrastre de materiales en época de lluvias. Al llover, las aguas con sustancias perjudiciales disueltas, o en suspensión, discurren por la superficie hasta ingresar directamente al río. Las sustancias contaminantes se dividen en distintos tipos. La materia orgánica y biológica es uno de ellos estos se encuentran en las aguas fecales, en mataderos o de industrias alimenticias. Esta materia contaminada, al mezclarse con las aguas, puede experimentar un proceso de fermentación, putrefacción. Se generan malos olores; las aguas dejan de ser potables y de ellas desaparecen la vida acuática, las propiedades y la calidad del recurso hídrico. Las sustancias químicas y minerales son otro contaminante. Suelen proceder de industrias, igualmente de productos agrícolas como fertilizantes y herbicidas.

Aspectos biológicos y toxicológicos de las aguas residuales.

Las aguas residuales que no contienen desechos industriales tóxicos o perjudiciales para la vida pueden mantener organismos vivos, patógenos y no patógenos. Su presencia en las aguas residuales tiene gran interés, porque la mayor parte del procedimiento de tratamiento de aguas residuales se basa en el impacto de la acción biológica, además de considerarse en algunas ocasiones como "indicadores" de tipos de contaminación (Loaysa, L. Cano.2015) o de calidad del agua.

Las aguas residuales exteriorizan un complejo de sustancias orgánicas e inorgánicas, que proporcionan un sustrato de carácter fisicoquímico, que determina la existencia de organismos representativos, la abundancia de unos y la escasez de otros. La composición de las aguas residuales es variable, por lo que también el tipo y número de organismos que en ella viven, como: virus, bacterias, hongos, protozoarios, nematodos, platelmintos y nematelmintos. Estos

organismos pueden ser aerobios, anaerobios, estrictos o facultativos, patógenos, inofensivos o de vida útil larga o corta ((Loaysa, L. Cano.2015)

Problemas de los vertidos en fuentes hídricas.

Los contaminantes de las aguas se dividen en dos categorías las puntuales que son de fácil identificación ya que tienen un origen y un lugar definidas de descargas, y las no puntuales que son más difíciles de controlar ya que hace referencia a lluvias acidas, los escurrimientos y los contaminantes difusos de actividades como la agricultura y de superficies urbanas pavimentada, de esta manera la fuente hídrica con lleva a problemas de contaminación y alterar las propiedades y la calidad de la fuente hídrica, al identificar vertimientos y actividades antrópicas en la cuenca y a sus riveras se evidencia que la problemática más relevante es la descarga de sustancias peligrosas como son metales pesados generados por las industrias como el plomo y el mercurio, compuestos orgánicos volátiles como el triclorometileno y los solventes halogenados. Estas son algunas de las principales situaciones que alteran y acaban la calidad y la oferta de aguas y ponen en peligro las personas que entren en contacto con cuerpos de aguas residuales contaminados.

Actividad agricultura y ganadería y su relación con la calidad de agua

Las actividades de relevancia como lo es la ganadería ocupan el 80,3% del suelo dedicado a la producción en Colombia, mientras la agricultura abarca el 7,3%, según un estudio divulgado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Estas dos actividades antrópicas constituyen unas de las actividades económicas más practicadas, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo se utilizan para la actividad de agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de

la erosión y de la escorrentía química (Loaysa, L. Cano, P, pág. 32). Las principales fuentes de contaminación de esta actividad económica son por el inadecuado manejo de productos tóxicos como de pesticidas y fertilizantes, la agricultura es uno de los mayores consumidores de los recursos hídricos, los productos utilizados contienen grandes cantidades de sales y productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de la calidad del agua.

Importancia de los índices de calidad de agua ICA: Por medio del ICA se hace revisión de los indicadores y parámetros estudiados y determinados en normatividad vigente para relacionar qué cargas son contaminantes y el estado real de la eficiencia de la fuente hídrica. La revisión del ICA se realiza por medio de los siguientes cuatro índices de contaminación para la caracterización de aguas. Según (Ramírez, Restrepo y Viña, 1997, pág.141) explican las definiciones para cada índice así:

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): En este índice expresa diversas variables, entre ellas se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Al igual que el índice anterior, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): Para la determinación de este índice se requiere de sólo la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagrega de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a

procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos.

Índice de contaminación tráfico (ICOTRO): La realización de este ICO se tendrá en cuenta la concentración del fósforo total. Como se observa, hay una alta correspondencia entre las variables involucradas en los ICO y aquellas definidas por otros autores en los ICA. De igual modo, las relaciones índices - concentración para las variables coincidentes, resultan muy próximas entre sí.

Recurso hídrico en Colombia.

Para el país de Colombia la gestión del recurso hídrico está regulada por la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico 2010-2022, (PNGRH), como principal objetivo es Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Actores ambientales: Los autores, entidades y autoridades ambientales están articuladas al Sistema Nacional Ambiental (SINA), reguladas como carácter público que se encargan dentro del área de jurisdicción del medio ambiente y de los recursos naturales define políticas, cumplimiento de las regulaciones y de las disposiciones legales, dinamizando procesos para restablecer, preservar, recuperar, conservar y el tener buen uso y aprovechamiento; esto con el fin de mantener el desarrollo sostenible. Las autoridades encargadas se mencionan las siguientes:

- Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (Autoridad Nacional)
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Autoridad Territorial)
- Policía Nacional (Autoridad nacional y territorial; cuerpo especial ambiental)

- Secretaría de salud departamental y local
- Alcaldía Municipal

Macroinvertebrados como bioindicadores para la calidad del agua

Los macro invertebrados acuáticos son especies que habitan en la profundidad de ríos y lagos, que se encuentran ratificados a la vegetación acuática, rocas y troncos sumergidos, sus principales poblaciones están conformadas por insectos moluscos y crustáceos, se denominan macro invertebrados por su tamaño que va de 0.5 m.m hasta alrededor de 5.0 m.m (Roldán p, 2016, pág. 254). La composición de las comunidades de macro invertebrados refleja la calidad y el estado en el que se encuentran las fuentes hídricas. Por tal razón se ha evidenciado aspectos positivos en los resultados, estos métodos han sido utilizados para verificar la calidad de agua del ecosistema acuático a estudiar. Según (Roldán, 2016; Pág. 255) los macro invertebrados son unos de los principales y mejores especímenes utilizados como bioindicador para la calidad de agua, esto gracias a que son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar; son sedentarios en su mayoría y, por esa razón, reflejan las condiciones de su hábitat; son relativamente fáciles de identificar; representan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo; proporcionan información para integrar efectos acumulativos; poseen ciclos de vida largos (semanas hasta meses); se reconocen a simple vista; pueden cultivarse en el laboratorio; responden rápidamente a los tensores ambientales y varían poco genéticamente.

BMWP: El Biological Monitoring Working Party es un método sencillo, rápido y eficaz, se estableció en el año 1970 en Inglaterra, el método BMWP ayuda a evaluar la calidad de agua usando macro invertebrados acuáticos como indicadores, asociando el grupo y familia al que pertenece cada espécimen y los datos cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 y se realiza de acuerdo con la tolerancia de los grupos a la contaminación orgánica. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por

taxón conocido como ASTP (Average Score por Taxon), esto es, el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. (Roldan, 2003)

En 1992 Roldán publicó el libro Fundamentos de Limnología Neotropical y posteriormente adoptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de los macro invertebrados acuáticos, con base al conocimiento que actualmente se tienen en Colombia sobre los diferentes grupos de macro invertebrados hasta el nivel de familia, se propone realizar el estudio con el método de BMWP/Col (Tabla N° 1), como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos del país. Con todo lo nuevo que se incluyó se decidió que la guía sirva para Colombia y no solo para los Andes. (Patiño G, 2015, Pág. 24)

Tabla 1

Índice BMWP/ Colombia

Clase	Calidad	BMWO/Col	Significado	Color
I	Buena	> 150, 120-101	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	15-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	>15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente. Roldan Pérez, G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Ed. Universidad de Antioquia.

Marco conceptual

Toxicología ambiental: evalúa los impactos que ocasiona en la salud pública por la exposición de tóxicos, que se encuentren presentes en el medio ambiente (Peña et al. 2001)

Muestra: Toma puntual de agua en los puntos de muestreo concertados, que refleja la composición física, química y microbiológica representativa del momento, para el proceso de vigilancia de la Autoridad Sanitaria (Manual de vigilancia por laboratorio de la calidad del agua 2011)

Muestreo: Proceso de toma de muestras que son analizadas en laboratorios para obtener información sobre la calidad del agua del sitio concertado en que fueron tomadas. (Manual de vigilancia por laboratorio de la calidad del agua 2011)

Calidad del agua: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Decreto 1575 2007)

Aguas Residuales: Son residuales porque ya se realizó un previo uso de esta, se podría decir que son material que se derivan de los restantes domésticos y/o de procesos que generan las industrias, las cuales están contaminadas y sin un previo tratamiento no son de un uso recomendable. En general, se considera aguas residuales (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan aguas residuales municipales los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llama aguas residuales industriales las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura. (Jiménez, 2016).

Afluente: Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento. (Jiménez, 2016).

Aguas residuales domésticas: Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones (Jiménez, 2016).

Aguas residuales municipales: Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos (Jiménez, 2016).

POMCA: Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas, es el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. Ley 99 de 1993 y Decreto 1604 de 2002

POMCARCH: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta, abastecedora de la jurisdicción del Río Chicamocha.

POHR: Plan de Ordenación del Recurso Hídrico.

ICA: Señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. (IDEAM, 2014, pág. 1)

ICOSUS: Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos. (Jiménez y Vélez, 2006 pág. 64)

ICOMI: Índice de contaminación por mineralización, Contiene parámetros como conductividad, dureza, alcalinidad entre otros. (Jiménez y Vélez, 2006 pág. 64)

ICOMO: Índice de Contaminación por Materia Orgánica, Contiene parámetros como Oxígeno, DBO 5, y Coliformes Totales y Fecales. (Jiménez y Vélez, 2006 pág. 64).

ICOTRO: Índice de Contaminación Trófico, Se establece con la concentración del fósforo total, en el que se especifica por sí mismo una categoría discreta. (Jiménez y Vélez, 2006 pág. 64)

Bioindicador: Especie vegetal, hongo o animal; desarrollado por un conjunto de especies donde se investiga las diferencias ecológicas y fisicoquímicas, micro climáticas, biológicas y funcionales, del entorno ambiental, o sobre el efecto de ciertas prácticas en el medio (Martínez, 2018, pág.18)

BMWP: Es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro invertebrados como bioindicadores. Este índice sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia) (Patiño, 2015, pág.23)

Índice biológico: son parámetros utilizados para poner de manifiesto el grado de contaminación de un organismo o de un ecosistema. Puede servir como criterios para valorar el grado de afectación de estos. (Martínez, 2018, pág.20)

Comunidad biótica: es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biótomo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia. (Martínez, 2018, pág.18)

Macroinvertebrados: El término macro invertebrados se utiliza comúnmente para referirse a animales invertebrados tales como crustáceos, moluscos y anélidos, usualmente de tamaño superior a 0,5 mm. (Martínez, 2018, pág.20)

Familia: En biología, la familia es una unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género; o entre la súper familia y la subfamilia si estuvieran descritas. (Martínez, 2018, pág.20)

Género: Es una categoría taxonómica que se halla entre el núcleo familiar y la especie; de esta forma, un género es un conjunto de organismos que paralelamente puede separarse en

algunas especies, donde existen ciertos géneros que son monoespecíficos, y tienen dentro una sola especie. (Martínez, 2018, pág.20)

Marco legal

El uso de los recursos naturales es un derecho esencial para el ser humano, es así que por medio de las normas se establece métodos y aplicaciones para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso racional y sostenible, tal como lo menciona la Constitución Política de Colombia, que consagra en el Capítulo 3, de los Derechos Colectivos y del Ambiente: *“Artículo 79: que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” y, en el Artículo 80: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución”*. Para hacer un uso eficiente y adecuado del recurso hídrico, de igual manera una adecuada disposición de las aguas residuales previo tratamiento, se requiere del control y seguimiento por parte de entidades para lograr una mejor articulación de acciones, esto funciona por medio de políticas sociales, ambientales y de metodologías organizadas a través de un marco normativo que cuenta con los sectores de la salud, agua potable, saneamiento básico y medio ambiente. Según el Ministerio de Medio Ambiente tener acceso al servicio y beneficio del recurso hídrico. Existen cuatro consideraciones: por ministerio de la ley, por concesión, por permiso y por asociación.

En la ley 99 de 1993, Artículo 23 Puntualiza la Naturaleza Jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales, son entidades corporativas de carácter público, creados por la legislación, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y

personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente. (Ministerio Medio Ambiente, 1993)

Algunas de las principales normas vigentes en Colombia que regulan la gestión de los recursos hídricos son las siguientes:

- Ley 09 de 1979 (Código Sanitario Nacional) se dictan medidas sanitarias.
- Resolución 1433 13 de diciembre de 2004 trata sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. Según reglamentado en el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003
- Decreto 3930 25 de octubre de 2010. Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, como lo evidencia el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 respecto a los usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones
- Decreto 1594 de 1984 (Usos del agua y el manejo de los residuos líquidos) usos de aguas y residuos líquidos
- Decreto 1753 de 1994 (Licencias ambientales). Por el cual se reglamenta parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Decreto 1594 de 1984; Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III - Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 3100 de 2003, Se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

- Decreto 3440 2004, Se modifica el decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.
- Decreto 1076 de 2015, Por medio se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, que modifica al Decreto 3930 de 2010, y tiene como objeto establecer las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados
- Resolución 631 de 2015, Establece los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones
- Resolución 2145 de 2005, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
- Resolución 3560 de 2015; Por el cual se establecen los Objetivos de Calidad de agua en la Cuenca Alta y Media del Río Chicamocha a lograr en el periodo 2016 - 2025. Emitida por la autoridad ambiental de CORPOBOYACÁ.
- Acuerdo 027 de 2015, Establece la meta global de carga contaminante para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) por vertimientos puntuales en la Cuenca Alta y Cuenca Media del Río Chicamocha con sus principales afluentes en jurisdicción de CORPOBOYACÁ, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de diciembre de 2020. Emitida por la entidad de CORPOBOYACÁ.

Gracias a la normatividad como herramienta para que las entidades encargadas de ejercer los controles puedan ejercer su autoridad, se han logrado algunos avances para minimizar las afectaciones a los recursos hídricos, encontrando en algunas de las circunstancias soluciones factibles a las problemáticas y a los indicadores que están afectando notoriamente a las aguas, sin

embargo este ejercicio de vigilancia y control debe ser permanente y con acciones contundentes para evitar que se continúe evadiendo la responsabilidad de los agentes vertedores en la descontaminación del río.

Marco geográfico

El río Chicamocha nace en la ciudad de Tunja, iniciando como río Jordán, durante su recorrido atraviesa diferentes municipios como son Paipa, Duitama, Sogamoso entre otros, después forma el cañón del Chicamocha, ingresa al departamento de Santander y se une con el río Suárez y el río Fonce para formar finalmente el río Sogamoso. La cuenca del río Chicamocha nace sobre los 2950 msnm y tiene pendientes medias en su cuenca alta de 0.31 % y en cuenca media de 1.5 %. Las condiciones generales del río cambian luego de pasar por el municipio de Paz de Río, donde inicia el Cañón del Chicamocha, el cual se extiende hasta después de la confluencia con el río Suárez. (Corpoboyacá, 2015)

El área de estudio hace parte de la cuenca media del río Chicamocha se limita al nororiente del departamento de Boyacá entre el Puente Chameza (municipio de Sogamoso) hasta el sector de Vado Castro. Donde prevalecen actividades mineras, agropecuarias e industriales, así como la existencia de los centros poblados de algunos barrios, veredas de Sogamoso y del sector de vado castro Municipio del Tópaga. En la figura 1 se observa la localización del área de estudio, en la figura 2 se observa n los puntos donde se realizaron los muestreos y en la tabla 2 se observan las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

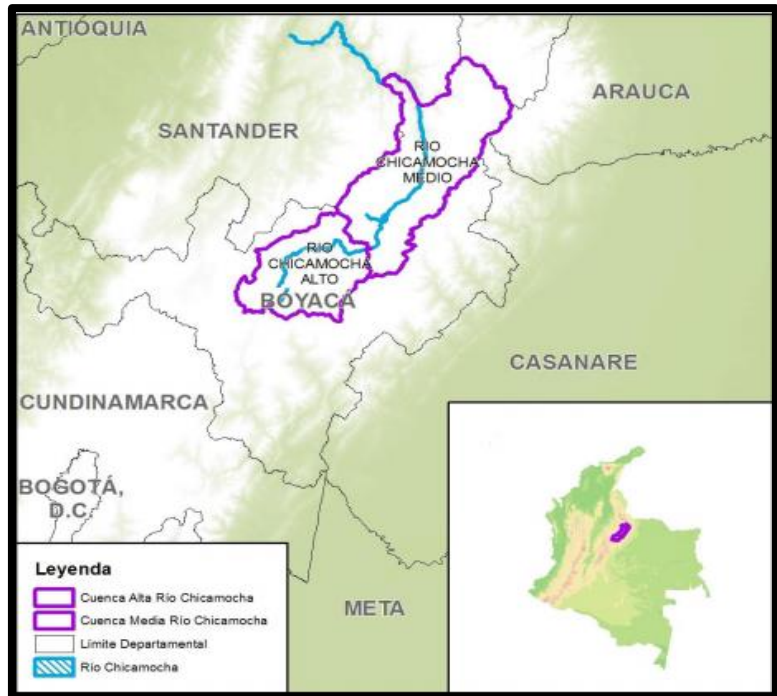


Figura 1. Localización General del Río Chicamocha. Fuente: INGFOCOL 2015

Nota. Se observa la localización general de la Cuenca Alta y Media del Río Chicamocha.

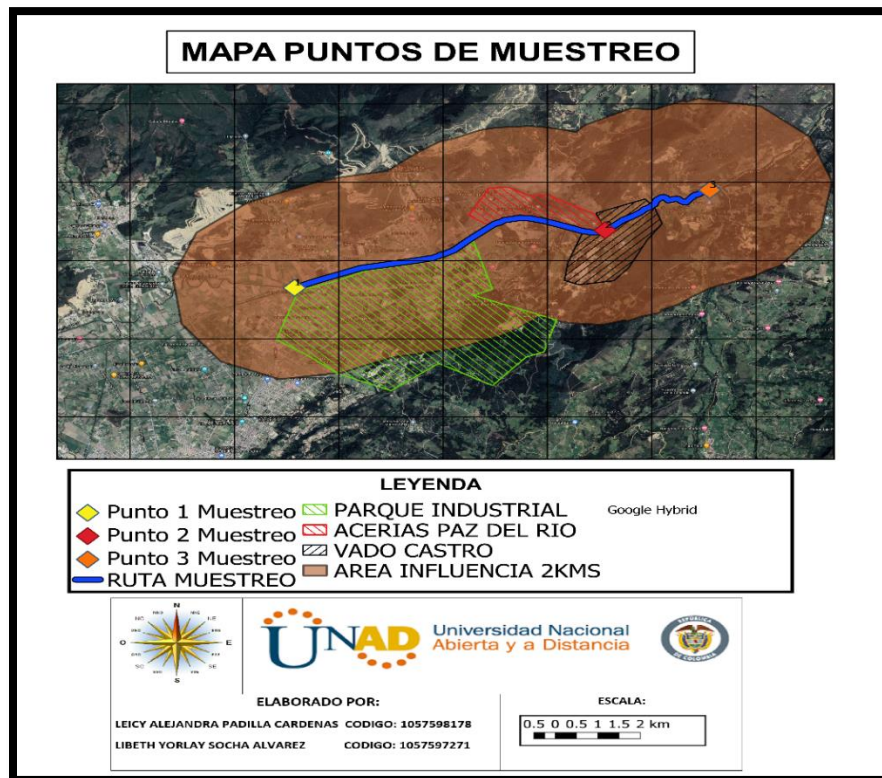


Figura 2. Ubicación de Puntos de Muestreo. Fuente: Estudio 2020

Nota. Se muestra la localización de los puntos de muestreo en la zona de estudio.

Tabla 2

Coordenadas del área de estudio

Coordenadas	
Punto 1	5°45' 27.20"N
	72°54' 45.85"O
Punto 2	5°46' 8.85"N
	72°51' 57.49"O
Punto 3	5°46' 38.49"N
	72°51' 1.17"O

Fuente. El estudio

Metodología

Tipo de investigación

La investigación que se realiza en este proyecto es de tipo descriptiva debido a que describe una problemática, la registra y analiza, la composición o procesos de los fenómenos, interpretación de las variables propias de los fenómenos (Cruz,2010, pág.47).

La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. (Tamayo y Tamayo, 2003)

En el desarrollo del proyecto se identifica la problemática ambiental del Río Chicamocha y se describen las actividades antrópicas desarrolladas por los pobladores aledaños a la fuente hídrica que afectan la calidad del recurso hídrico en el sector Vado Castro del municipio de Sogamoso y por lo tanto los efectos, que producen la contaminación del Rio Chicamocha.

Posteriormente se evalúa los vertimientos involucrados, la toxicidad de estas aguas y el impacto que ocasiona en la salud humana por la contaminación del recurso, que afectan el bienestar de la comunidad. Para este procedimiento se realizó la visita de campo en la trayectoria del Rio del margen derecho y margen izquierdo del área del estudio, se aplicó la metodología de tipo cuantitativo para la recolección de datos como la encuesta y la observación directa de las condiciones ambientales del área. Como también se aplica la investigación experimental para establecer la causa y el efecto de la contaminación del Rio Chicamocha mediante la toma de muestras de agua y análisis de laboratorio de tipo químico y microbiológico.

Herramientas metodológicas

Etapa 1. Recolección de información: Es la visita de campo a fin de hacer una observación directa de la situación actual, para conseguir la información primaria, así mismo identificar las variables que intervienen en la problemática.

Se aplicó la toma de muestras de agua y se realizó la aplicación de encuestas de tipo semi estructuradas, donde se seleccionó este tipo de encuesta porque contiene preguntas de tipo abierta y cerradas por lo cual otorgan dos puntos de vista diferentes del mismo encuestado, estas fueron dirigidas a la comunidad y al sector agrícola del área de estudio. Se realizó así mismo el acta de consentimiento informado para comunidad encuestada.

Etapa 2. Revisión de información secundaria: se basa en una recolección, búsqueda y selección de análisis de documentos que faciliten el desarrollo del proyecto, igualmente se establece cuáles métodos aplicar para lograr la mayor efectividad en la aplicación recolección de datos, también se diseña el contenido de este, a fin de obtener respuestas con un grado alto de confiabilidad y precisión. La recopilación informativa y bibliográfica como referente metodológico se han encontrado con proyectos realizado por entidades y personal ambiental y que han venido trabajando en la cuenca del río Chicamocha en diferentes sectores y referentes a distintas actividades económicas esto con el fin de garantizar la vida y calidad del recurso hídrico de esta importante cuenca.

Etapa 3. Realizar un diagnóstico: hacer una descripción de las afectaciones de las actividades antrópicas y las alteraciones de los recursos naturales. Se harán salidas de campo de reconocimiento de los impactos ambientales presentes.

Etapa 4. Herramientas de procesamiento de datos: Con los resultados obtenidos de la toma de muestras se utiliza el programa Microsoft Excel para realizar los cálculos de los índices

calidad de agua y para hacer sus respectivas gráficas, como también se maneja este programa para realizar los diagramas estadísticos de las encuestas que se realizaron en el área de estudio.

Población.

En el presente proyecto se define como población de estudio la comunidad localizada dentro de la cuenca media del río Chicamocha, se ubica al nororiente del departamento de Boyacá entre Puente Chameza (Municipio de Sogamoso) hasta el Sector de Vado Castro, donde predominan actividades agropecuarias e industriales.

Muestra.

En el desarrollo del presente proyecto, se tomó en cuenta los agricultores y las Industrias localizadas en el sector de Vado Castro quienes son los responsables directos de la contaminación del Río Chicamocha. Se aplicaron encuestas al sector agrícola para identificar los tipos de vertimientos y así como el uso que le dan al agua del Río Chicamocha, igualmente reconocer el riesgo que representa para la salud humana, como también a la comunidad para establecer qué conocimiento tienen sobre la contaminación del Río Chicamocha, sobre los vertimientos que realizan dentro de la cuenca y los usos que se realizan.

Fases del proyecto

El desarrollo del proyecto se realiza a través de cinco fases compuestas de la siguiente manera:

Fase 1. Área de estudio: Lo principal es el reconocimiento del río Chicamocha sector Vado Castro que se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas ($5^{\circ} 46'04.1''N$ $72^{\circ} 51'53.6''W$). Para recolectar datos para analizarlos y así concluir con lo solicitado; de esto se requiere información secundaria como documentos realizados por CORPOBOYACÁ con el plan de ordenamiento hídrico de la cuenca del Río Chicamocha. La toma de muestras es indispensable para el análisis físico- químico y microbiológico el cual será primordial para la existencia de datos que indican presencia de contaminantes, la presencia de fuentes emisoras o ausencia absoluta.

Fase 2. Observación punto de muestreos: Se realiza el reconocimiento de la zona de estudio identificando y definiendo los puntos y el tamo estratégicos de las muestras de aguas arriba y aguas abajo, de acuerdo con los análisis obtenidos se comparará con la normatividad vigente para los usos que se le pueden dar a esta fuente hídrica, y que grados de contaminación se encuentran actualmente, al igual que compararlos con la normatividad se analizará con estudios realizados anteriormente por entes ambientales como CORPOBOYACA y estudios realizados por especialistas en el tema del recurso hídrico de la cuenca del río Chicamocha.

Fase 3. Muestreo: La Toma de muestras de agua, para determinar los parámetros Físicoquímicos y microbiológicos del Río Chicamocha, en los puntos de muestreo establecidos. Se realizará conforme la guía de monitoreo de vertimientos aguas superficiales y subterráneas del IDEAM. El tipo de muestreo que se realizo fue puntual, ya que la muestra fue tomada en un lugar

determinado del sector Vado Castro, Posteriormente se ejecutará una medida y muestreo de los parámetros a evaluar para su posterior análisis en la siguiente fase.

Fase 4. Análisis de laboratorio: Las muestras obtenidas en campo, se transportarán atendiendo los lineamientos propuestos. Se realizó en uno laboratorio certificado con métodos estandarizados. Consolidación de los resultados de la investigación.

Fase 5. Cálculo de los índices de calidad: Con los resultados obtenidos de la toma de muestras se procede a calcular los índices para realizar sus respectivas gráficas, según con los resultados de los análisis de los parámetros y de la normatividad actual para la medición de los índices de calidad del agua del río Chicamocha, de esta forma se tendrán en cuenta los niveles máximos permisibles que se encontraran en la cuenca y en la zona de estudio y para así dar cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Determinación de la calidad del agua

Para la caracterización de aguas naturales, superficiales y de distintos vertimientos se formulan los índices de contaminación (ICO) con el fin de analizar de manera más efectiva la calidad de la fuente hídrica. Según Ramírez et al; 1999, “Los índices de calidad de las aguas (ICA) frecuentemente expuestos en la literatura, fueron formulados con el propósito de simplificar en un único valor, en la escala 0 - 1, la condición general de una muestra de agua, gracias a conjugar en ellos numerosas variables físicas y químicas de diferente índole”. Esta técnica de los ICO se ha aplicado en grandes programas; el desarrollo de índices de contaminación, para valoración de la calidad de las aguas continentales, ha sido abordado por Ramírez et al., (1997), desde los resultados arrojados por la estadística multivariada de estudio de elementos que se han utilizado en diferentes lugares de Colombia y por entidades como ECOPETROL, Oleoducto de Colombia, Ocesa entre otras (Ramírez, et al; 1999,). Gracias a

estas entidades petroleras se identificaron variables físicas y químicas, las cuales brindaron origen a la formulación de los próximos cuatro índices de contaminación ICO.

- **ICOMI** o índice de contaminación por mineralización, que integra conductividad, dureza y alcalinidad.

$$ICOMI = 1/3 (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

Índice de Conductividad

$$Log_{10} I_{Conduct} = -3.26 + 1.34 Log_{10} * conductividad(\mu S/cm)$$

Conductividades mayores a 270 $\mu S/cm$ tiene un índice de conductividad de= 1

Índice de Dureza

$$Log_{10} I_{Dureza} = -9.09 + 4.40 Log_{10} * Dureza (g * m^{-3})$$

$$I_{Dureza} = 10^{Log.I.Dureza}$$

Dureza mayor a 110 $mg-3$ tiene Índice de Dureza de= 1

Dureza menor a 30 $mg-3$ tiene Índice de Dureza de= 0

Índice de Alcalinidad

$$I_{Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 alcalinidad(g * m^{-3})$$

Alcalinidades mayores a 250 $mg-3$ tiene índice de alcalinidad de= 1

Alcalinidades menores a 50 $mg-3$ tiene índice de alcalinidad de= 1

- **ICOMO** o índice de contaminación por materia orgánica, formado por demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno.

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxigeno})$$

Índice de DBO

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} * DBO (g * m^{-3})$$

Índice de DBO mayores a 30 mg-3 tiene un IDBO= 1

Índice de DBO menores a 30 mg-3 tiene un IDBO= 0

Índice de Coliformes Totales

$$I_{COLTOT} = -1.44 + 0.56 \log_{10} Col.Tol (NMP * 100cm^{-3})$$

Coliformes Totales mayores a 20.000 NMP*100cm-3

Coliformes Totales menores a 500 NMP*100cm-3

Índice de Oxígeno

$$I_{Oxigeno\%} = 1 - 0,01 Oxigeno\%$$

Oxígenos (%) mayores a 100 % tiene índice de oxígeno= 0

- **ICOSUS** o índice de contaminación por sólidos suspendidos.

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos suspendidos } (g * m^{-3})$$

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg-3 tiene ICOSUS= 1

Sólidos suspendidos menores a 10 mg-3 tiene ICOSUS= 0

- **ICOTRO** o índice de contaminación trófico, el cual se calcula con base en la concentración de fósforo total.

Comparación de índices de calidad del agua

El estudio se realiza en dos fases, en la primera fase se establece una recolección de información secundaria, documentos relacionados con los estudios existentes en el sector Vado Castro del Río Chicamocha, entre otros documentos como proyectos que han realizado entidades ambientales y de consultoría que permitan facilitar el desarrollo de este proyecto. En la segunda fase con la información recolectada se realiza una comparación de bioindicadores calidad de agua, obteniendo el cálculo a partir de los datos disponibles de parámetros físicos y bacteriológicos, de los escasos estudios que se han realizado en el sector Vado Castro, empleando el índice biótico BMWP/Col modificado por Roldan et al, (2003) para la bioindicación de la calidad de agua en Colombia.

Diagnóstico ambiental del área en estudio

Según el estudio Nacional de agua (2014) la demanda hídrica es “la sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico”. (IDEAM). El recurso hídrico es esencial y primordial en el ser humano, por tal motivo al realizar el diagnóstico se observó la gran demanda en el uso del agua de la cuenca media del río Chicamocha Sector Vado Castro evidenciando la degradación del río, sin ningún control de seguimiento y control continuo respecto a residuos sólidos que generan los agricultores y ganaderos de esta zona, ya que utilizan

diferentes sustancias químicas para sus actividades diarias y luego las desechan al medio ambiente sin estimar las consecuencias.

De acuerdo a lo anterior en el trabajo de campo se realizaron encuestas y se estableció dialogo con la población del sector, se identificó que los usuarios que utilizan el recurso hídrico no presentan concesión de aguas para riego, ya que los usuarios comentan que ningún funcionario de los entes ambientales los ha orientado de manera clara y concisa para realizar el trámite de concesión, hay que tener en cuenta que la mayoría de estos usuarios son ciudadanos de edad avanzada y con poca formación educativa.

Resultados de la identificación de usuarios, usos del recurso, inventario de concesiones e identificación de vertimientos puntuales.

Se realizó el recorrido por las márgenes izquierda y derecha del Río Chicamocha en el Sector Vado Castro, donde se identificaron vertimientos y captaciones, usos actuales de la fuente hídrica, tipos de cultivos y actividades de la comunidad aledaña.



Figura 3. Identificación de usuarios. Fuente: El estudio 2020

Los usos más comunes encontrados en la zona de estudio según su orden de incidencia: uso agrícola, como receptor de vertimientos de escorrentía que arrastran partículas de suelos contaminados con pesticidas y fungicidas; como también de origen doméstico, origen industrial, uso agroindustrial. Para el uso agrícola los cultivos que más prevalecen son:

- Cebolla
- Arveja
- Papa
- Maíz
- Pasto
- Hortalizas
- Tomate



Figura 4. Fotografía cultivo de cebolla. Fuente: El estudio 2020



Figura 5. Fotografía cultivo de arveja. Fuente: El estudio 2020



Figura 6. Fotografía cultivo de papa. Fuente: El estudio 2020



Figura 7. Fotografía cultivo de maíz. Fuente: El estudio 2020



Figura 8. Fotografía cultivo de pastos. Fuente: El estudio 2020



Figura 9. Fotografía cultivo de tomate. Fuente: El estudio 2020

Identificación de vertimientos

Los tipos de vertimientos que se identificaron en el recorrido de campo en el sector Vado Castro son:

- Tipo Doméstico
- Tipo agrícola
- Tipo Industrial

Los vertimientos son puntuales de tipo continuo y otros de menor cuantía son de tipo discontinuo, la mayoría de estos vertimientos son arrastrados por canales naturales, ya que no se identificó ningún tipo de obra hidráulica. Los vertimientos generados por usuarios de tipo Industrial se encuentran reportados en los permisos de vertimientos como lo afirma y estos cuentan con tubería y cabezal de salida al río. (Corpoboyacá, 2015)

En el recorrido se observó el primer vertimiento en la margen izquierda que pertenece a la empresa Acerías Paz del Rio con estructura en concreto y el segundo en la margen derecha de origen doméstico con estructura en PVC. A continuación, se presenta el registro fotográfico en el que se identifican los vertimientos del sector Vado Castro.

Vertimiento por lavado de arena

En la recolección de información y las visitas previas de las riberas del cauce se identificó la actividad de extracción de arena donde vierten directamente sus agua al río Chicamocha sin ningún tratamiento previo por lo tanto el proceso de transformación y comercialización de las arenas posee una serie de lavados, que busca eliminar impurezas o sustancias toxicas afectando la calidad del recurso hídrico del sector Vado Castro, se ven afectados notoriamente debido a esta actividad. (Corregidor, 2020. Pág. 77).



Figura 10. Fotografía de vertimientos. Fuente: El estudio 2020



Figura 11. Fotografía de vertimientos. Fuente: El estudio 2020

Captaciones identificadas en trabajo de campo

Las captaciones de los usuarios agrícolas, son realizadas en su mayoría con bombas que trabajan a gasolina o ACPM, muy pocas con energía eléctrica ya que los usuarios comentan que estas consumen demasiada energía y se eleva el presupuesto como también para la instalación y conexión adecuada. Estas captaciones son realizadas por medio de canales en concreto, canales naturales y bocatomas.

Se realizó un registro fotográfico en el que se identificaron veintidós sistemas de captación y el tipo de estructura utilizada. A lo largo del Río Chicamocha en el Sector Vado Castro se encuentran la mayor parte de las captaciones por los usuarios agrícolas para realizar el riego de sus cultivos.

- **Sobreexplotación del recurso hídrico**

Este aspecto de la sobreexplotación en el recurso hídrico es relevante según el Plan de ordenamiento hídrico. (2015, Pág. 44) afirma que la sobreexplotación del recurso hídrico es la reducción de caudal, escasez de agua captaciones ilegales y conflictos del medio ambiente, a esto se le suman la carencia de control, la falta de conciencia ambiental la solidaridad y compromiso demostrando una fundamental correlación entre el control ejercido por la autoridad ambiental y la sociedad generalmente.



Figura 12. Fotografía captación. Fuente: El estudio 2020

Nota. Se observa la primera captación de la margen izquierda del Rio Chicamocha.



Figura 13. Fotografía captación. Fuente: El estudio 2020

Nota. Se observa la segunda captación de la margen izquierda del Rio Chicamocha para el riego del cultivo de cebolla.



Figura 14. Fotografía captación. Fuente: El estudio 2020

Nota. Se observa la tercera captación del margen derecho del Rio Chicamocha.

Calidad aire

En el Sector Vado Castro se identificaron dos tipos de fuentes contaminantes del aire, se clasificaron así:

Fuentes Fijas: En el área de estudio las industrias presentes realizan diferentes procesos de transformación de material, en donde se crean contaminantes de PM10, PM2.5, NOx, SO2, Ozono entre otros, dichos contaminantes permanecen en constante producción por un punto fijo en la industria, por ejemplo: hornos, quema de combustibles, plantas de mezcla.

Fuentes Móviles: En esta zona se ve constante movimiento, ya que transitan vehículos de carga pesada, transporte público para varios municipios, automóviles. Donde los vehículos de carga pesada han de transitar tanto internamente en las industrias y utilizando vías de fácil acceso a los diferentes municipios. El (IDEAM,2014) establece que las concentraciones de contaminantes como: arsénico, plomo, cadmio, níquel, cromo, mercurio, y proyectos como plantas de coque, cementeras y siderúrgicas; van a tener que monitorear a grado de inmisión estos metales de acuerdo con el procedimiento EPA que es aceptado por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Donde la toma y análisis de la muestra, analizara las áreas propensas de dispersión por causa de viento, acorde a la dificultad de la geografía del lugar.

Calidad del agua

Desde que inicia su recorrido el Rio Chicamocha se encuentra afectado por la actividad humana lo que impacta de manera directa la calidad del agua en el río, una vez que pasa por la ciudad de Tunja recibe las aguas negras y vertimientos de toda la ciudad sin ningún tipo de tratamiento previo, el rio Chicamocha pasa por todas las industrias sobre el corregimiento Boyacense, donde se encuentran las empresas Termo Paipa, Acerías Paz del Río, Argos, Holcim, Indumil, Industria de Licores de Boyacá entre otras. La contaminación del río comienza desde su nacimiento, evidenciando las afectaciones a la salud humana que permanecen siendo latentes en las comunidades aledañas a la fuente hídrica (Cortez, 2016.pág 2).

Ecosistemas Acuáticos

El Río Chicamocha es un ecosistema lotico ya que permanece en constante movimiento y con corriente, en la cuenca alta del río Chicamocha se presenta un flujo unidimensional presentando un cambio constante y continuo físico y biológico, de igual manera hay muchos grados de heterogeneidad espacial y temporal en todos sus escalas esto quiere decir que hay presencia de micro hábitat, encontrándose gran diversidad de ecosistemas y de vida acuática, en esta cuenca hay presencia de flora y fauna .En las riberas del Río en estas zonas se benefician del agua para utilizarlas para riego de cultivos y para ganadería.

Suelos.

En la zona de estudio, presenta la cuenca, características variadas con pendientes ligeramente inclinadas, suelos moderadamente fértiles, pero con restricciones asociadas a las deficientes precipitaciones. Donde también estos suelos son sometidos a una presión, tanto por la implementación de estas en zonas de alta susceptibilidad a la erosión, así como por utilización excesiva de agroquímicos. Estas dos situaciones están afectando además la calidad de las aguas, por medio del aporte de sedimentos, nutrientes y pesticidas. (CORPOBOYACA, 2015)

Componente económico

Actividades de regadío de pastos y cultivos

Una de las principales actividades económicas en el departamento de Boyacá es la agricultura, ya que los habitantes del sector Vado Castro se han dedicado a cultivar por muchas épocas, en las cuales se ha tenido una variedad de cultivos debido a las características climáticas y calidad de suelos fértiles. Los pobladores han sido productores de maíz, papa, arveja, cebolla

larga, hortalizas, tomate, pasto, frijol, lechuga, los cultivos principales que tienen más demanda regional son la cebolla larga, papa, arveja, pasto, hortalizas, donde estos productos se comercializan en todo el Departamento de Boyacá y en otras ciudades de Santander. En las salidas de campo se identificaron, en las dos márgenes del Río Chicamocha, estos cultivos, que en la mayoría de los casos son regados por el agua del Río, donde este es un grave problema para la salud de los consumidores, debido a su alto contenido de coliformes fecales.



Figura 15. Fotografía de regadío. Fuente: El estudio 2020.

Nota. Se observa el regadío del cultivo de cebolla larga.

Actividades ganaderas

En la economía regional de Boyacá y en el área de estudio también es importante la ganadería, por lo tanto, es una actividad que influye negativamente en la calidad del Río Chicamocha, ya que se realiza el cuidado de los animales en las riberas de la corriente, por lo que

heces fecales de bovinos y porcinos contribuyen con cargas importantes de materia orgánica y coliformes fecales.



Figura 16. Fotografía de ganadería. Fuente: El estudio 2020

Nota. Se observa el ganado en la margen izquierda del Río Chicamocha.

Componente social

Para el aspecto del componente social se recolecto la información general del municipio de Tópaga según su población actual y sus actividades económicas, los estratos por sector y así de esta manera se tienen presente las condiciones de vida de los pobladores de la zona de estudio.

Las proyecciones poblacionales, para el año 2018 cuenta con una población total de 3692 habitantes que corresponde al 0.29% de la población total del departamento y muestra que es un municipio pequeño. (Márquez, 2018, pág.20).

La vivienda es uno de los principales aspectos que influye directamente para una calidad de vida, por tal modo se evidencia en el sector Vado Castro las viviendas se encuentran en obra gris y que la principal estructura de las casas es la utilización de ladrillo y bloque. Esto las caracteriza por estar en un estrato de nivel 1 y 2, en el sector Vado Castro se observa Caserío cerca de la cuenca del Río Chicamocha, por tal motivo pueden estar sujetas a enfermedades cardiorrespiratorias, y a un posible desbordamiento del cauce.

En el sector Vado Castro también se pudo evidenciar aproximadamente a unos metros se encuentra una escuela en las orillas de la carretera principal, donde también prevalece que en tiempos de verano incrementa los malos olores y estos pueden afectar la mortalidad y las enfermedades de los más vulnerables que son los niños.



Figura 17. Fotografía de componente social. Fuente: El estudio 2020

Nota. Se observa el estilo de vida respecto a la estructura de las viviendas en el sector Vado Castro.

Aplicación de encuestas

Reconocer la percepción de la comunidad ribereña, del sector Vado Castro respecto al riesgo que representa el uso de agua cruda para diferentes usos y/o actividades, es así como las encuestas aplicadas en este sector tienen como objetivo identificar las clases de vertimientos y el uso que le dan al agua del Río Chicamocha,

Se realizaron dos tipos de encuestas una dirigida a la comunidad aledaña del Río Chicamocha, del sector Vado Castro y otra a los agricultores localizados en esta área de estudio, ya que son actores determinantes en la demanda de las aguas de esta fuente.

Resultados de encuestas aplicadas a la comunidad del sector Vado Castro

1. ¿Cuál es la percepción de la calidad del agua Río Chicamocha y de los usos que se le da a la fuente hídrica?

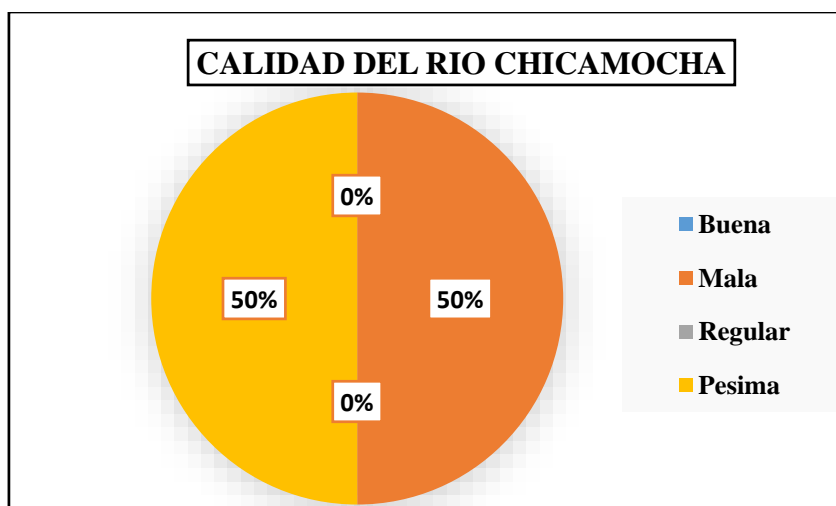


Figura 18. Calidad del Río Chicamocha Fuente: Estudio 2020

En cuanto a la percepción de la comunidad respecto a la calidad del Río Chicamocha se observa en la gráfica que 50% indica que la calidad de esta fuente hídrica es mala y el 50% indica que es pésima. Por lo tanto, el cien por ciento de la muestra revela que la calidad de esta agua no es adecuada para ningún uso o actividad porque visiblemente se ve contaminada.

2. ¿Cree usted que las autoridades sanitarias y ambientales han realizado un adecuado control en la prevención de la contaminación del Río Chicamocha?

Nota. Por medio de la opinión de la Comunidad encuestada del sector Vado Castro sobre los controles en la prevención de la contaminación del Río Chicamocha de las autoridades ambientales.

Se identificó que el 100% de la comunidad encuestada indicó que las autoridades ambientales no realizan un adecuado control en la prevención de la contaminación del Río Chicamocha. Ya que la comunidad comenta que solo se queda en palabras y no hechos, para ayudar a la descontaminación de esta fuente hídrica.

3. ¿Cree usted que el sector agrícola e industrial afecta en gran parte la contaminación del Río Chicamocha?

Se identificó que el 100% de la comunidad encuestada indicó que el sector agrícola e industrial si afecta en la contaminación del Río Chicamocha, debido al mal manejo que se le está dando a la fuente hídrica con sus actividades de estos sectores.

4. ¿cómo se ve afectado usted por la contaminación del Río Chicamocha?

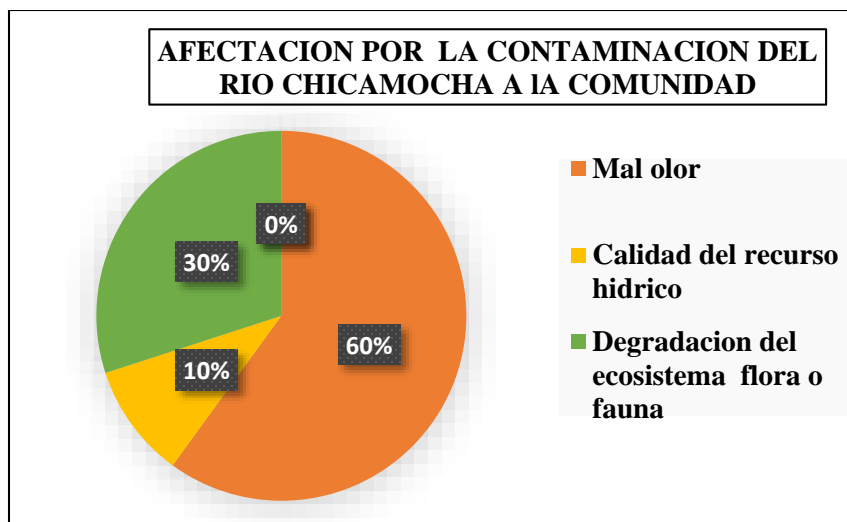


Figura 19. Afectación por la contaminación del Río Chicamocha a la comunidad Fuente: Estudio 2020

Del 100 % de la comunidad encuestada el 60 % indicó que se ve afectada por el mal olor de esta fuente hídrica. Ya que los pobladores comentan que el olor es demasiado fuerte en época de verano, lo cual resulta no óptimo para la salud del ser humano. El 10% se ve afectada por calidad del recurso hídrico porque es notable el deterioro que ha tenido al pasar los años esta fuente hídrica, por lo tanto 30 % indico que se ve afectada por degradación del ecosistema flora y fauna que ha ocasionado un impacto irreversible en este conjunto de seres vivos.

5. ¿Estaría de acuerdo en participar en talleres de prevención y preservación de la fuente hídrica del Río Chicamocha para adquirir conocimientos sobre buenas prácticas agrícolas de conservación para así evitar la contaminación?

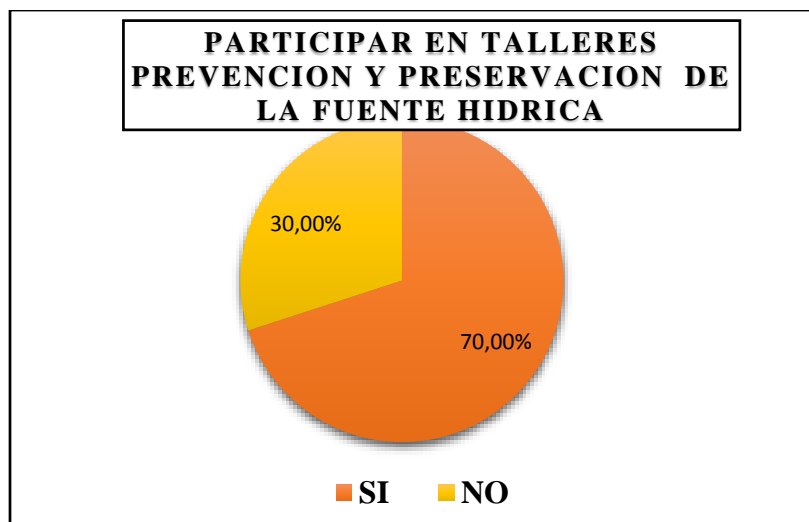


Figura 20. Participar en talleres prevención y preservación de la fuente hídrica Fuente: Estudio 2020

Nota. Se observa en el gráfico si la comunidad del Sector Vado Castro está de acuerdo en participar en talleres de prevención y preservación de la fuente hídrica del Rio Chicamocha para así evitar la contaminación.

Se evidencio que el 70% de la comunidad encuestada indico que si está de acuerdo en participar en talleres de prevención y preservación de la fuente hídrica del Rio Chicamocha y el 30% no está de acuerdo en participar de estos talleres ya que comentan que ellos no son los principales contaminantes si no los sectores agrícolas e industrial.

Encuesta a los agricultores del sector Vado Castro

1. ¿Qué tipo de agua utiliza para riego de su cultivo?

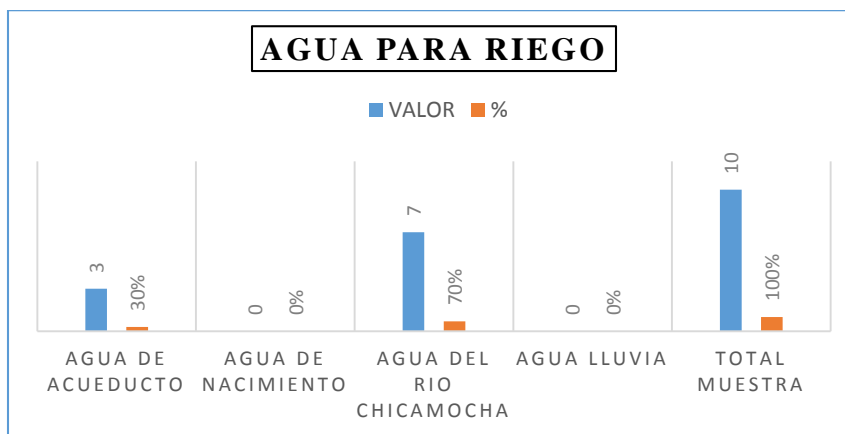


Figura 21. Agua para riego Fuente: Estudio 2020

Nota. Se observa en el gráfico que agua utilizan los agricultores para riego de los cultivos en las riberas del Río Chicamocha.

Se evidencio en las encuestas realizadas a los agricultores que la mayor parte de ellos utiliza para riego de los cultivos el agua de la cuenca hídrica del Río Chicamocha por medio de bombeo con el 70 % y el 30 % utiliza para riego el acueducto.

2. Si su respuesta es que utiliza para riego el Agua del Río Chicamocha entonces conteste la siguiente pregunta y si su respuesta es uno de los otros tipos omítala. ¿Con qué frecuencia realiza el riego con aguas del Río Chicamocha?

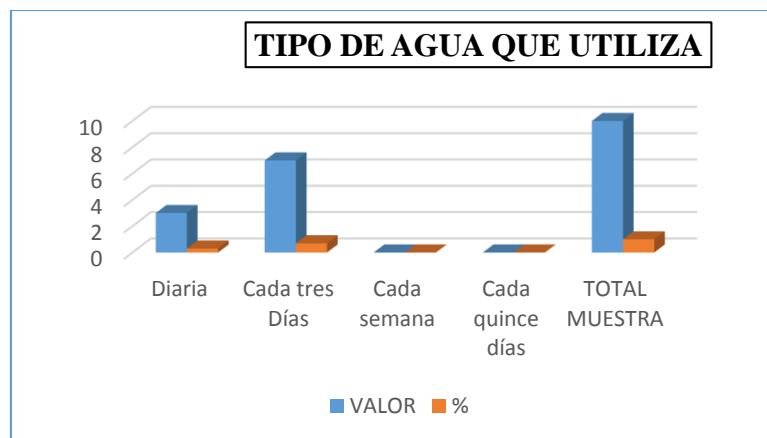


Figura 22. Tipo de agua que utiliza Fuente: Estudio 2020

Nota. Se evidencia que del 100 % de los agricultores hay un 70% que utiliza agua del Río Chicamocha y la frecuencia en la que realizan los riegos es cada 3 días y en épocas de verano lo realizan día de por medio

3. ¿Qué tipo de cultivo riega con mayor frecuencia?

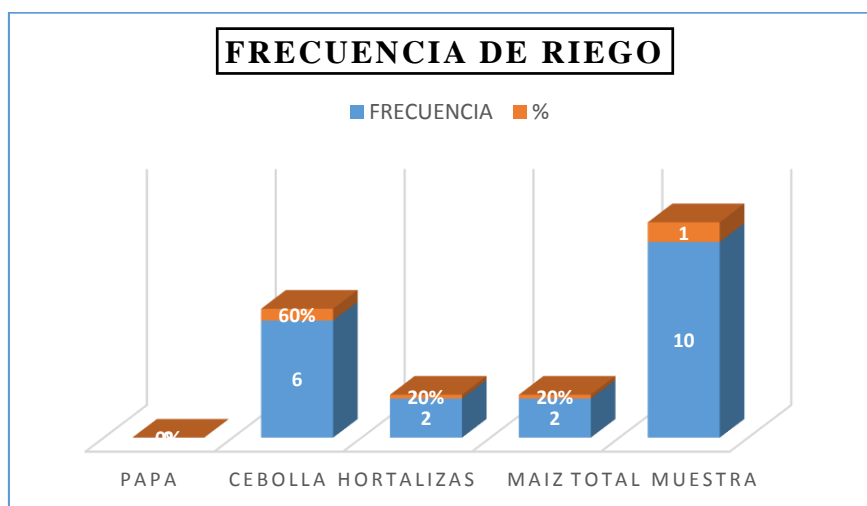


Figura 23. Frecuencia de riego Fuente: Estudio 2020

Nota. En las riberas del Río Chicamocha en el Sector Vado Castro hay gran variedad de cultivos que son de gran beneficio para los agricultores y consumidores, aunque según las

encuestas y lo evidenciado en campo el cultivo que más prevalece y el que mayor frecuencia realizan riego es el de cebolla de bulbo y cebolla larga del 100% el 60% corresponde a la cebolla, el 20 % al maíz y el otro 20% a Hortalizas.

4. ¿Usted cree que el agua del Río Chicamocha tiene una adecuada calidad para el riego de su cultivo?

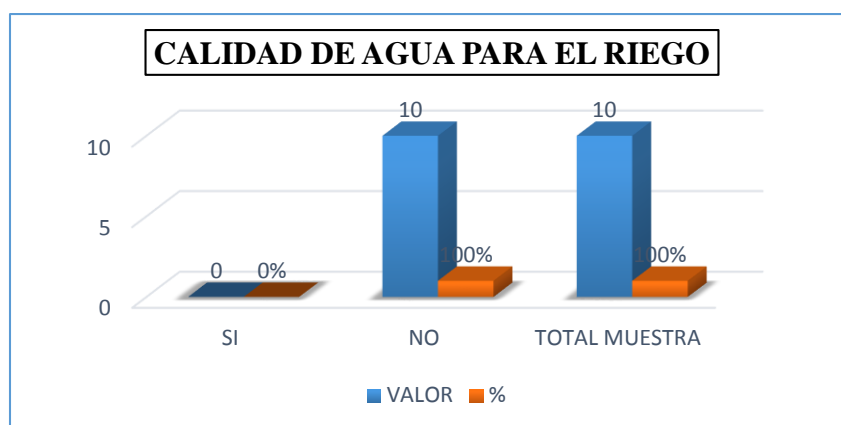


Figura 24. Calidad de agua para el riego Fuente: Estudio 2020

Nota. Según la gráfica y las intervenciones que se realizó con los agricultores aseguran que la calidad del Río Chicamocha está muy contaminada de sustancias tóxicas, a causa de vertimientos domésticos, agrícolas e industriales y son conscientes que este preciado líquido de esta importante cuenca hídrica es perjudicial para la comunidad, el medio ambiente, la agricultura y para la ganadería que se encuentra en este sector de Vado Castro.

5. Según la Organización Mundial de la Salud “OMS” comenta que las Buenas Prácticas Agrícolas BPA consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma beneficiosa,

teniendo un mejor equilibrio entre el medio ambiente con los recursos naturales sin afectación alguna, con las actividades del hombre. Según esto ¿usted maneja buenas prácticas agrícolas en su cultivo?

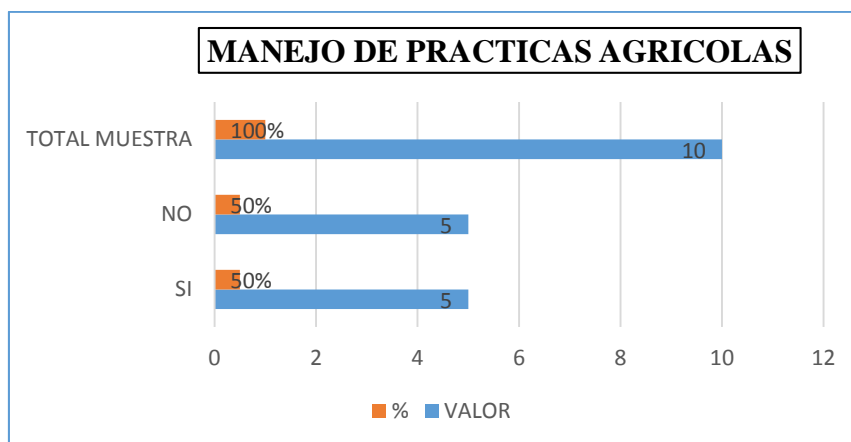


Figura 25. Manejo de prácticas agrícolas Fuente: Estudio 2020

Nota. Según la gráfica del 100% de los agricultores el 50 % de ellos realizan prácticas agrícolas con el fin de ayudar a minimizar los impactos negativos que ocasionan el uso de muchos químicos y fertilizantes así que en lo posible realizan abonos orgánicos.

6. ¿Cree usted que el sector agrícola cumple con las orientaciones que brindan las instituciones ambientales para evitar la contaminación del Río Chicamocha

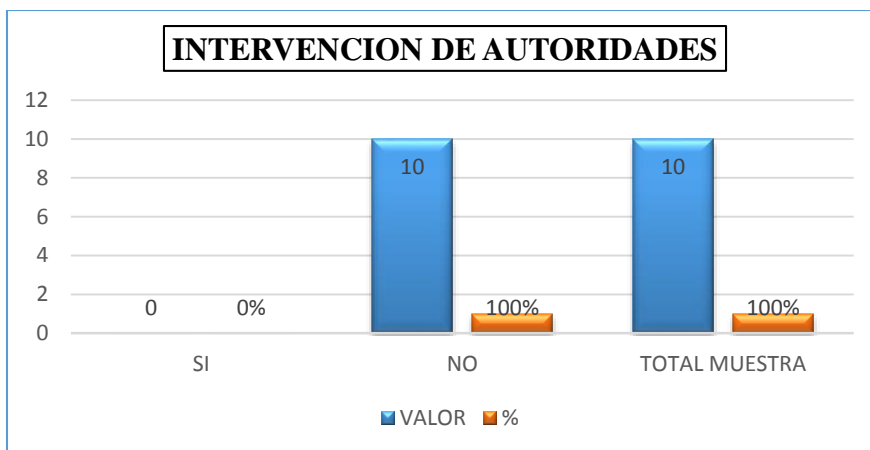


Figura 26. Intervención de autoridades Fuente: Estudio 2020

Nota. El 100% de los agricultores argumentan que las entidades ambientales en el sector agrícola no se evidencian orientaciones que garanticen el buen manejo de los recursos naturales para evitar y minimizar la contaminación por parte de los agricultores e industrias.

7. ¿Usted conoce las normas ambientales que regulan la contaminación de las fuentes hídricas en Colombia?

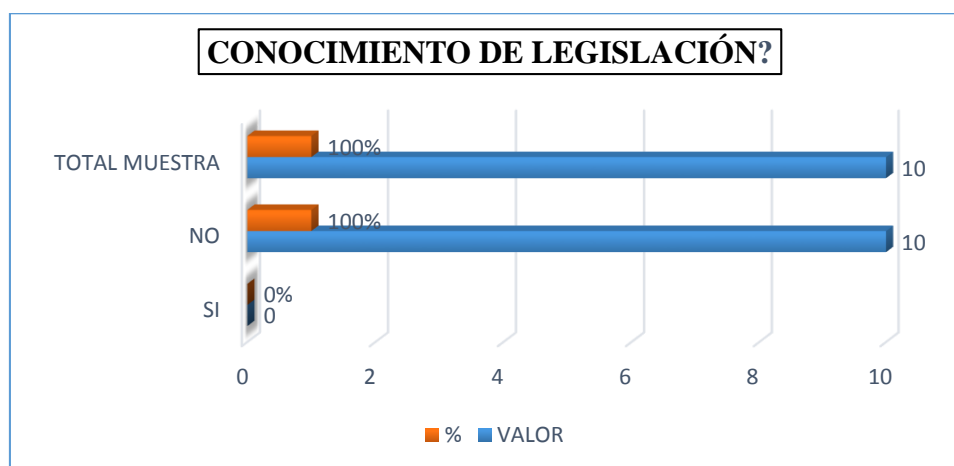


Figura 27. Conocimiento de legislación fuente: estudio 2020

Nota. El 100% de los agricultores no tiene conocimiento de cuáles son las normas que rigen en el ámbito hídrico.

8. ¿Estaría de acuerdo en participar en talleres que le permitan adquirir conocimientos sobre buenas prácticas agrícolas?

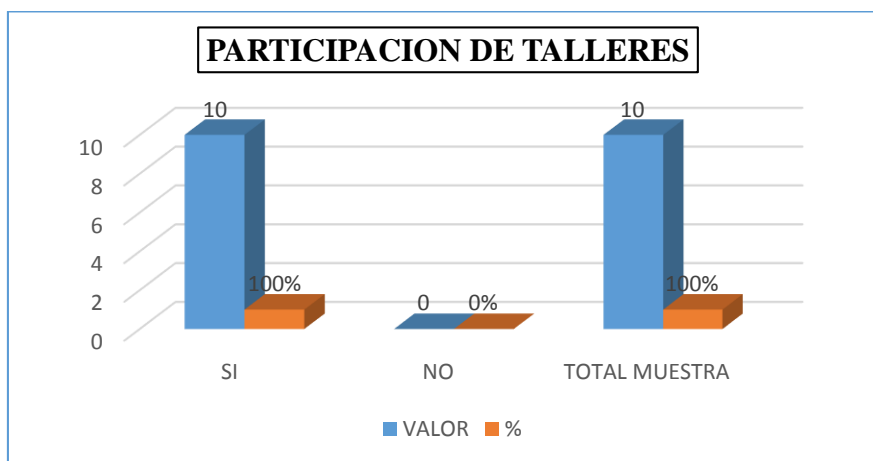


Figura 28. Participación de talleres Fuente: Estudio 2020

Nota. Al evidenciar la gráfica se puede observar que el 100% de los agricultores estaría de acuerdo en participar de talleres para adquirir nuevos conocimientos sobre buenas prácticas agrícolas, concluyen que será muy beneficioso para evitar el mal que se hace al medio ambiente y de paso aprender nuevas experiencias y prácticas para que los cultivos sean factibles.

9. ¿Estaría de acuerdo en participar en talleres que le permitan adquirir conocimientos sobre buenas prácticas agrícolas?

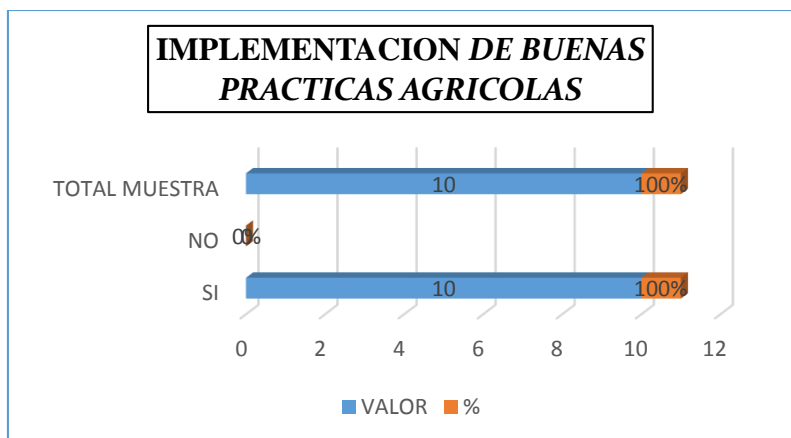


Figura 29. Implementación de buenas prácticas agrícolas Fuente: Estudio 2020

Nota. Al evidenciar la gráfica se puede observar que el 100% de los agricultores estarían interesados en implementar buenas prácticas agrícolas en los diferentes cultivos que se originan en el sector Vado Castro ya que por medio de normas, recomendaciones y principio de BPA asegurará la protección de la salud humana, medio ambientes con métodos ecológicamente seguros eficaces y económicamente factibles

**Inventario de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de interés sanitario
identificados en el sector Vado Castro del Río Chicamocha**

Para el desarrollo del proyecto se investigaron toma de fuentes información, para lo cual se realizó la solicitud a la entidad ambiental de Corpoboyacá para obtener monitores antiguos y recientes de la calidad del Río Chicamocha de la estación vado castro. En las siguientes tablas se realiza el inventario históricamente de los parámetros encontrados.

Tabla 3

Monitoreo sector Vado Castro 2018

DATOS MONITOREO AÑO 2018		
CÓDIGO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA Y HORA DE MUESTREO
31193	Puente Vado Castro	03 de diciembre de 2018 16:20 horas
Variable	Unidades	Resultado
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	134
Cianuro Total	mg CN/L	<0,200
Clorofila A ²	mg/m ³	Análisis en proceso
Cromo Total	mg Cr/L	<0,0200
Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO ₅	mg O ₂ /L	7
Demanda Bioquímica de Oxígeno Filtrada	mg O ₂ /L	<5
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	<20,0
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	88,4
Fenoles Totales	mg Fenoles/L	<0,100

Fosforo Total	mg P/L	0,309
Grasas y Aceites	mg Aceites y Grasas/L	<1,00
Mercurio Total ²	mg Metal/L	<0,0006
Níquel Total	mg Ni/L	0,0134
Nitratos	mg NO ₃ -N/L	0,84
Nitritos	mg NO ₂ -N/L	0,134
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	3,25
Nitrógeno Kjeldahl	mg NK/L	4,47
Plomo ²	mg Pb/L	<0,03
Solidos Suspendidos Totales	mg SST/L	211
Sólidos Suspendidos Volátiles ²	mg/L	Análisis en proceso
Sólidos Totales	mg ST/L	522
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	16
Tensoactivos	mg SAAM/L ³	<0,400
Turbiedad	NTU	139
Temperatura ¹	°C	20,3
pH ¹	Unidades de pH	6,7
Oxígeno Disuelto ¹	mg /L	2,5
Saturación de Oxígeno	%	0,11
Conductividad ¹	μS/cm	550
Caudal ¹	L/s	14094,11
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>16000
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100mL	>16000

Fuente: Corpoboyacá 2018

En el monitoreo del año 2018 se puede observar que el parámetro de solidos suspendidos totales (SST) sobrepasa los límites permisibles establecidos en la resolución 631 de 2015 del artículo 8 por lo tanto se evidencio que en el resultado del monitoreo de este parámetro es de 211 mg SST/l y en la normatividad su límite máximo es de 90 mg SST/l, esto demuestra que los vertimientos de las actividades antrópicas no tienen ningún tipo de control al ser vertidas a la fuente hídrica.

Tabla 4*Monitoreo sector Vado Castro 2019*

DATOS MONITOREO AÑO 2019		
GEOREFERENCIA	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA Y HORA DE MUESTREO
Oeste: 1134177,15 Norte: 1129822:03	Cuenca Hídrica Rio Chicamocha Sobre puente Vado Castro	14 de septiembre de 2019
Parámetro	Unidades	Resultado
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	120
Cianuro Total	mg CN/L	<0,0100
Clorofila	mg/m ³	<0,200
Cromo Total	mg Cr/L	<0,70
Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO ₅	mg O ₂ /L	16.1
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	73
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	75.0
Fenoles	mg Fenoles/L	<0,20
Fosforo Total	mg P/L	1,26
Grasas y Aceites	mg Aceites y Grasas/L	<10,0
Mercurio Total ²	mg Metal/L	<0,0010
Níquel	mg Ni/L	< 0,20
Nitrato	mg NO ₃ -N/L	<0,50
Nitrito	mg NO ₂ -N/L	0,0075
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	7,70
Nitrógeno Kjeldahl	mg NK/L	9,70
Plomo Total	mg Pb/L	<0,1
Solidos Suspendidos Totales	mg SST/L	38.4
Sólidos Suspendidos Volátiles ²	mg/L	13.2
Sólidos Totales	mg ST/L	1250
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	346

Tensos activos	mg SAAM/L ³	1,28
Turbiedad	NTU	30,0
Temperatura ¹	°C	18.8
pH ¹	Unidades de pH	7.50
Oxígeno Disuelto ¹	mg /L	0.41
Conductividad ¹	µS/cm	1483
Caudal ¹	L/s	2430
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes Totales-Fecales	NMP/100mL	344800
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	15000
<i>Escherichia coli</i> (E. Coli)	NMP/100mL	111800

Fuente: Corpoboyacá 2019

En el muestreo que se realizó en el año 2019, este monitoreo se llevó a cabo para la actividad de uso agrícola, teniendo en referencia la resolución 3560 del 9 de octubre del 2015 “por medio de la cual se establece los objetivos de la calidad de agua en la Cuenca Alta y Media del río Chicamocha a lograr en el periodo 2016-2025” de tal manera se demostró que los parámetros de coliformes termotolerantes, coliformes totales, *Escherichia coli* que en el monitoreo arroja resultados muy elevados y sobrepasa los límites permisibles según esta resolución, la demanda bioquímica de oxígeno, de igual manera este parámetros está en 16,1 mg/l y según la normatividad deberá de estar < 10 mg/l.

Tabla 5

Monitoreo sector Vado Castro 2020

DATOS MONITOREO AÑO 2020		
GEOREFERENCIA	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA Y HORA DE MUESTREO
Oeste: 72°52'14,8 Norte: 5°46'16,7	Puente Vado Castro	27 de Julio de 2020 12:30 pm

PARAMETRO	Unidades	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO ₅	mg O ₂ /L	62
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	114
cloruros	mg CL-/L	53.8
Fosfatos	mg PO ₄ 3 /L	2.63
Turbiedad	UNT	33.4
Hierro total	Mg Fe/L	1.53
Magnesio	MG Mg/L	42.4
Nitratos	mg NO ₃ -N/L	3.96
Solidos disueltos Totales	mg SST/L	326
Potasio en agua	mg K+L	13.167
Sodio de agua	mg K+L	88.223
Manganesio en agua	mg/L	1.471
Fenoles Totales	mg Fenoles/L	< 0.002 mg/L
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 MI	100000

Fuente: Estudio 2020

En el monitoreo del año 2020, se realizó en conjunto por los estudiantes del semillero Metamorfo ZueBoy en el marco del proyecto PIE " estudio toxicológico del Río Chicamocha a través del uso de bioindicadores ambientales y pruebas artesanales de toxicidad aguda". En este monitoreo se observó que los parámetros de demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO). Según los estudios corresponden a este muestreo el parámetro de

DBO provoca que los microorganismos de fuente hídrica degraden la materia orgánica y consuman el oxígeno del agua, debido por lo cual la mayor parte de organismos carecen por falta de oxígeno.

Por esta razón el resultado del parámetro DQO es mayor que la DBO debido a que incluye el oxígeno que van a consumir sustancias químicas presentes en las aguas residuales y que no son biodegradables y por esto no tienen la posibilidad de ser usados por los organismos.

Tabla 6

Monitoreo en planta de tratamiento de agua residual de Belencito 2020

RESULTADOS ACERIAZ PAZ DEL RIO		
DATOS MONITOREO AÑO 2020		
ENSAYO REALIZADO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA Y HORA DE MUESTREO
Fisicoquímico y Microbiológico	Planta de Tratamiento de Agua Residual Belencito	3 de enero de 2020 08:00 am
Parámetro	Unidades	Resultado
Demanda Química de Oxígeno – DQO Total	mg O ₂ /L	35
Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO ₅	mg O ₂ /L	4
Sólidos suspendidos totales (A)	mg SST/L	25
Sólidos sedimentables (A)	mL SS/L	<0,1
Conductividad	μS/cm	218
Saturación de Oxígeno	%	7
Grasas y Aceites (A)	mg AyG/L	<7,13
Detergentes (S.A.A.M) (A)	mg SAAM/L	<0,18
Hidrocarburos totales (HTP)	mg HTP/L	<7,68
Hidrocarburos aromáticos	mg/L	<0,002

B.T.E.X (A)	mg/L	<0,1
Fósforo Total (A)	mg P/L	<0,16
Nitrógeno Total (A)	mg N/L	40,99
Cianuro Total (A)	mg CN-/L	<0,10
Fluoruros	mg F-/L	1,68
Sulfatos (A)	mg SO42-/L	538
Sulfuros (A)	mg S2-/L	<1,45
Aluminio	mg Al/L	<0,05
Arsénico (A)	mg As/L	<0,0025
Cadmio total (A)	mg Cd/L	<0,002
Zinc (A)	mg Zn/L	0,072
Cobre	mg/L	<0,1
Cromo total (A)	mg Cr/L	<0,011
Estaño (A)	mg Sn/L	<1,0
Hierro Total	mg Fe/L	0,11
Manganeso	mg Mn/L	1,60
Mercurio (A)	mg Hg/L	<0,0010
Níquel (A)	mg Ni/L	0,027
Plomo (A)	mg Pb/L	<0,011
Acidez Total (A)	mg CaCO3 /L	26,60
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO3 /L	73,70
Dureza Cálctica (A)	mg CaCO3/L	327

Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	446
Comp. Orga. Halogena	mg/L	<0,070
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes Termo tolerantes (A)	NMP/100 mL	7800000
Coliformes Totales (A)	NMP/100 mL	17000000

En este monitoreo realizado por la empresa Acerías Paz del Río del año 2020 se identificó que las variables fisicoquímicas y microbiológicas caracterizadas se encuentran dentro de los valores máximos aceptables, establecidos acorde con lo descrito en el artículo 13 de la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, sobre normas de Vertimiento de Siderurgia, excepto, Sulfatos que obtiene un valor de 538 mg SO₄²⁻/l y en la resolución el valor máximo aceptable es de 500 mg SO₄²⁻/l esto quiere decir que representa un riesgo para la salud humana.



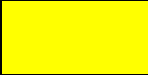


Determinar indicadores biológicos fisicoquímicos y micro de la calidad de agua en el sector Vado Castro a partir de los datos y parámetros monitoreados

Para realizar el cálculo de índices de contaminación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales de la cuenca hídrica del río Chicamocha en el sector Vado Castro es importante tener en cuenta que el ICA es un Índice de calidad del agua que permite obtener el estado actual del Río, como lo es el Oxígeno disuelto OD, Sólidos suspendidos Totales SST, Demanda química y bioquímica de oxígeno DQO y DBO, Conductividad, Fósforo total PT.

En la determinación de los índices de contaminación (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO) se analizaron parámetros e información de fuentes secundarias, donde se utilizó la metodología de Ramírez et al;(1997), por medio de las ecuaciones de referencia, con un rango de valores (0-1) como se evidencia en la tabla 7, para analizar y verificar en estado actual de la fuente del río Chicamocha, Sector Vado Castro.

Tabla 7

Rangos índices de contaminación

Valor de los ICOs	Caracterización	Clasificación de la contaminación	Leyenda
0.8-1.0	Áreas muy contaminadas	Contaminación muy alta	
0.6-0.8	Incidencia importante de contaminación	Contaminación alta	
0.4-0.6	Notable actividad antrópica	Contaminación media	
0.2-0.4	Con leve Incidencia antrópica	Contaminación baja	
0.0-0.2	Aguas puras y quizá con aportes biogénicos	Contaminación Ninguna	

Fuente. Montero M; Ramírez Y. 2018. Análisis de la variabilidad en la calidad de agua, a partir de usos de índices de contaminación ICO; Fuente Principal Ramírez & Montero (2018)

Para la determinación de los ICOS se tiene realiza con fuentes secundarias viables como lo son documentos emitidos por entidades que han venido realizando control y seguimiento en la cuenca del río Chicamocha como lo es Corpoboyacá, estos datos se obtienen de años anteriores 2018,2019,2020 y con el monitoreo que se realizó dentro del proyecto de investigación.

Cálculo de índice de contaminación por Mineralización (ICOMI) 2018

El índice de contaminación por mineralización permite identificar la cantidad de sólidos disueltos que se encuentran en el cuerpo de agua del Río Chicamocha con un rango de 0 a 1, donde valores cercanos a 0 hace referencia a poca carga de contaminación por mineralización y los valores cercanos a 1 indican cargas altas de contaminación y requieren de control y seguimiento. Este índice de contaminación se determina de la siguiente manera:

ICOMI

Datos:

Conductividad $550 \mu\text{S}/\text{cm} > 270 \mu\text{S}/\text{cm} = 1$

Dureza $88.4 \text{ mg CaCO}_3/\text{L} < 110 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} = 1$

Alcalinidad $0.35 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$

Formula General

$$\frac{1}{3}(I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (1 + 0 + 1.34)$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (2.34) = 0.78$$

Tabla 8

Determinación ICOMI Corpoboyacá

Cálculo de índice de contaminación por mineralización (ICOMI) en el Puente Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		$I_{\text{Conductivida}}$	I_{Dureza}	$I_{\text{Alcalinidad}}$			
Puente Vado Castro	03 /12/2018	1	0	1.34	0.78	Contaminación Aceptable	Verde

Fuente. Corpoboyacá 2018

Cálculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

El índice de calidad por materia orgánica se integra por mediciones de demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, este índice se encuentra con mismo valor anteriormente entre un rango 0-1 donde se indica la disminución o el aumento de contaminación en la cuenca hídrica. Los resultados se presentan en la tabla 9.

ICOMO

Formula General

$$\frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + IO_{xigeno\%})$$

I_{DBO}

$$I_{DBO} \text{ se obtiene} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * DBO \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * 7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = 4.85$$

$$< 30 = 0$$

IColiformes totales

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10} Col\ Tol(NMP * 100 \text{ cm}^{-3})$$

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10} Col\ Tol * 16000$$

$$IColiformes\ totales = 8958.8 \text{ NMP} * 100 \text{ cm}^{-3}$$

$$> 500 = 0$$

IOxigeno%

$$IOxigeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * Oxigeno\%$$

$$IOxigeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * 0.11 \%$$

$$IOxigeno\% = 0.99$$

Remplazar Formula General ICOMO

$$ICOMO = \frac{1}{3}(0 + 1 + 0.99)$$

$$ICOMO = \frac{1}{3}(1.999)$$

$$ICOMO = 0.66$$

Tabla 9

Determinación ICOMO 2018 Corpoboyacá

Calculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)el sector Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		I_{DBO}	$I_{Coliformes\ total}$	$I_{Oxigeno\ \%}$			
Vado Puente Castro	03 /12/2018	0	1	0.99	0.66	Contaminación Alta	Naranja

Fuente. Corpoboyacá 2018

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos

El índice de ICOSUS se integra por el cálculo de solidos suspendidos o de partículas orgánicas e inorgánicas que se encuentran suspendidos en concentraciones acuosas. Se define mediante con un valor de 0-1. A Continuación evidencia la determinación en la tabla 10.

ICOSUS

Formula General

$$ICOSUS = -0.02 \text{ ' } 0.003 * \text{ Sólidos suspendidos } (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = -0.02 \text{ ' } 0.003 * 211 (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = 0.613$$

Tabla 10*Determinación ICOSUS 2018 Corpoboyacá*

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) en el Puente Vado Castro-Sogamoso Boyacá					
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el cálculo	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		<i>I_{Sólidos suspendidos}</i>			
Vado Castro	03 /12/2018	211	0.613	Contaminación Alta	Naranja

Fuente. Corpoboyacá 2018

Cálculo de índice de contaminación Trófico ICOTRO

El índice de ICOTRO se determina por medio del fósforo total en Mg/L, el fósforo como el nitrógeno en exceso provoca eutrofización y afecta la vida acuática.

- Oligotrofia: < 0.01 (g*m-3)
- Mesotrofia: $0.01 - 0.02$ (g*m-3)
- Eutrofia: $0.02 - 1.00$ (g*m-3)
- Hipertrofia: > 1.00 (g*m-3)

Ramírez. A et al. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales.

Con la información obtenida de los parámetros analizados en el cuerpo de agua del río Chicamocha sector Vado Castro, se obtiene en la tabla 11 la siguiente lectura:

Tabla 11*Determinación ICOTRO 2018 Corpoboyacá*

Cálculo de índice de contaminación Trófico (ICOTRO) en el Puente Vado Castro- Sogamoso Boyacá						
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo	Índice de contaminación Trófico (ICOTRO)			
		Fosforo Total $PO_4 - P$ [mg/l]	Oligotrofia PO_4-P [mg/l] < 0,01 [mg/l]	Mesotrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,01 - 0,02 [mg/l]	Eutrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,02 - 1 [mg/l]	Hipertrófico PO_4-P [mg/l] > 1 [mg/l]
Vado Puente Castro	03 /12/2018	0.309			X	

Fuente. Corpoboyacá 2018*Cálculo de índice de contaminación por Mineralización (ICOMI) 2019***ICOMI**

Datos:

Conductividad $1483 \mu S/cm > 270 \mu S/cm = 1$ *Dureza* $75.0 \text{ mg } CaCO_3/L < 110 \text{ g} \cdot m^{-3} = 1$ *Alcalinidad* $120 \text{ mg } CaCO_3/L$

Formula General

$$\frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (1 + 0 + 1.20)$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (2.34) = 0.78$$

Tabla 12*Determinación ICOMI Corpoboyacá 2019*

Cálculo de índice de contaminación por mineralización (ICOMI) en el Puente Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		$I_{Conductivida}$	I_{Dureza}	$I_{Alcalinidad}$			
Puente Vado Castro	14 /09/2019	1	0	1.20	0.733	Contaminación Alta	Naranja

Fuente. Corpoboyacá 2019*Cálculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) 2019***ICOMO**

Formula General

$$\frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxigeno\%})$$

 I_{DBO}

$$I_{DBO} \text{ se obtiene} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * DBO \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * 16.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = 11.22$$

$$< 30 = 0$$

 $I_{Coliformes\ totales}$

$$I_{Coliformes\ totales} = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10} \text{Col Tol} (\text{NMP} * 100 \text{ cm}^{-3})$$

$$I_{Coliformes\ totales} = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10} \text{Col Tol} * 344800$$

$$I_{Coliformes\ totales} = 193086 \text{ NMP} * 100 \text{ cm}^{-3}$$

$$> 500 = 0$$

***I*Oxígeno%**

$$I_{\text{Oxígeno}\%} \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * \text{Oxígeno}\%$$

$$I_{\text{Oxígeno}\%} \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * 6 \%$$

$$I_{\text{Oxígeno}\%} = 0.94$$

Remplazar Formula General ICOMO

$$ICOMO = \frac{1}{3}(1 + 0 + 0.94)$$

$$ICOMO = \frac{1}{3}(1.94)$$

$$ICOMO = 0.647$$

Tabla 13

Determinación ICOMO 2019 Corpoboyacá

Calculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)el sector Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		<i>I</i> _{DBO}	<i>I</i> _{Coliformes totales}	<i>I</i> _{Oxígeno %}			
Vado Puente Castro	14 /09/2019	1	0	0.94	0.65	Contaminación Alta	Naranja

Fuente. Corpoboyacá 2019

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) 2019

ICOSUS

Formula General

$$ICOSUS = -0.02 \text{ ' } 0.003 * \text{Sólidos suspendidos } (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 * 38.4 (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = 0.095$$

Tabla 14*Determinación ICOSUS 2019 Corpoboyacá*

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) en el Puente Vado Castro-Sogamoso Boyacá					
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el cálculo	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		$I_{\text{Sólidos suspendidos}}$			
Vado Puente Castro	14 /09/2019	38.4	0.095	Contaminación Muy Alta	Rojo

Fuente. Corpoboyacá 2019

Cálculo de índice de contaminación Trófico ICOTRO

Con la información obtenida de los parámetros analizados en el cuerpo de agua del río Chicamocha en el Puente Vado Castro, se obtiene en la tabla 15 la siguiente lectura:

Tabla 15*Determinación ICOTRO 2019 Corpoboyacá*

Cálculo de índice de contaminación Trófico (ICOTRO) en el Puente Vado Castro- Sogamoso Boyacá						
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el cálculo	Índice de contaminación Trófico (ICOTRO)			
		Fosforo Total $PO_4 - P$ [mg/l]	Oligotrofia PO_4-P [mg/l] < 0,01 [mg/l]	Mesotrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,01 - 0,02 [mg/l]	Eutrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,02 - 1 [mg/l]	Hipertrófico PO_4-P [mg/l] > 1 [mg/l]
Vado Puente Castro	14 /09/2019	1.26				X

Fuente. Corpoboyacá 2019

En la siguiente tabla se puede observar el monitoreo que se realizó dentro del semillero de investigación Metaformo Zueboy en el año 2020.

Tabla 16

Datos para determinar ICOS

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Conductividad	$\mu S/cm$	1483
Dureza	$mg CaCO_5/L$	75.0
Alcalinidad	$mg CaCO_5/L$	120
DBO ₅	$mg O_2/L$	62
Coliformes Totales	$NMP/100ml$	344800
Oxígeno disuelto	%	6.0
Sólidos suspendidos	$mg SST/L$	38.4

Fuente

Estudio 2020 y Corpoboyacá 2019

Los parámetros mencionados en la tabla 16 hace referencia para calcular los indicadores de calidad de agua (ICA) del monitoreo del año 2020, teniendo en cuenta información de fuentes secundarias de Corpoboyacá 2019.

Cálculo de índice de contaminación por Mineralización (ICOMI) 2020

ICOMI

Datos:

$$\text{Conductividad } 1983.96 > 270\mu S/cm = 1$$

$$\text{Dureza } 320.91 > 110 g \cdot m^{-3} = 1$$

$$\text{Alcalinidad } 0.35$$

Formula General

$$\frac{1}{3}(I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (1 + 1 + 0.35)$$

$$ICOMI = \frac{1}{3} (2.35) = 0.783$$

Tabla 17

Determinación ICOMI 2020

Cálculo de índice de contaminación por mineralización (ICOMI) en el sector Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		$I_{\text{Conductividad}}$	I_{Dureza}	$I_{\text{Alcalinidad}}$			
Vado Puente Castro	27 /07/2020	1	1	0.35	0.783	Contaminación Aceptable	Verde

Fuente. Estudio 2020

Cálculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) 2020

ICOMO

Formula General

$$\frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{\text{Oxígeno\%}})$$

I_{DBO}

$$I_{DBO} \text{ se obtiene} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * DBO \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * 62 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = 43.35$$

$$> 30 = 1$$

IColiformes totales

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10}Col\ Tol(NMP * 100\ cm^{-3})$$

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \text{Log}_{10}Col\ Tol * 344.800$$

$$IColiformes\ totales = 193.083\ NMP * 100\ cm^{-3}$$

$$> 500 = 0$$

IOxigeno%

$$IOxigeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * Oxigeno\%$$

$$IOxigeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * 6\ %$$

$$IOxigeno\% = 0.94$$

Remplazar Formula General ICOMO

$$ICOMO = \frac{1}{3}(1 + 0 + 0.94)$$

$$ICOMO = \frac{1}{3}(1.94)$$

$$ICOMO = 0.646$$

Tabla 18*Determinación ICOMO 2020*

Calculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) puente Vado Castro- Sogamoso Boyacá							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		I_{DBO}	$I_{Coliformes\ totale}$	$I_{Oxigeno\ %}$			

Vado Puente Castro	27 /07/2020	1	0	0.999	0.7	Contaminación Alto	Naranja
--------------------------	-------------	---	---	-------	-----	-----------------------	---------

Fuente. Estudio 2020

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) 2020

ICOSUS

Formula General

$$ICOSUS = -0.02 \cdot 0.003 * \text{Sólidos suspendidos } (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = -0.02 \cdot 0.003 * 38.4 (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = 0.095$$

Tabla 19

Determinación ICOSUS 2020

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) en el sector Vado Castro-Sogamoso Boyacá					
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		I_{DBO}			
Vado Puente Castro	27 /07/2020	38.4	0.095	Contaminación Muy Alta	Rojo

Fuente. Estudio 2020

Cálculo de índice de contaminación Trófico ICOTRO 202

Tabla 20

Determinación ICOTRO 2020

Cálculo de índice de contaminación Trófico (ICOTRO) en el sector Vado Castro- Sogamoso Boyacá					
Estación de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo	Índice de contaminación Trófico (ICOTRO)			
	Fosforo Total $PO_4 - P$ [mg/l]	Oligotrofia PO_4-P [mg/l] < 0,01 [mg/l]	Mesotrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,01 - 0,02 [mg/l]	Eutrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,02 - 1 [mg/l]	Hipertrófico PO_4-P [mg/l] > 1 [mg/l]
Vado Castro	1.26				X

Fuente. Estudio 2020

En los siguientes cálculos para los índices de contaminación se realizan de acuerdo con resultados de monitoreo Acerías Paz del Rio en la planta de tratamiento de agua residual Belencito en el año 2020.

Cálculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) 2020

ICOMO

Formula General

$$\frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxigeno\%})$$

I_{DBO}

$$I_{DBO} \text{ se obtiene} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * DBO \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * 4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$I_{DBO} = 2.75$$

$$< 30 = 0$$

IColiformes totales

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \log_{10} Col\ Tol (NMP * 100\ cm^{-3})$$

$$IColiformes\ totales = -1.44 + 0.56 * \log_{10} Col\ Tol * 17000$$

$$IColiformes\ totales = 9518.56\ NMP * 100\ cm^{-3}$$

$$= 1$$

IOxígeno%

$$IOxígeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * Oxígeno\%$$

$$IOxígeno\% \text{ se obtiene} = 1 - 0.01 * 7\%$$

$$IOxígeno\% = 0.93$$

Remplazar Formula General ICOMO

$$ICOMO = \frac{1}{3} (0 + 1 + 0.93)$$

$$ICOMO = \frac{1}{3} (1.93)$$

$$ICOMO = 0.64$$

Tabla 21*Determinación ICOMO 2020 Acerías Paz del Río*

Cálculo de índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) Acerías paz del Río							
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo			Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		I_{DBO}	$I_{Coliformes\ totales}$	$I_{Oxígeno\ \%}$			
Planta De tratamiento de agua	03//01/2020	0	1	0.93	0.64	Contaminación Alta	Naranja

residual Belencito							
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--

Fuente. Monitoreo Acerías Paz del Río 2020

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) 2020

ICOSUS

Formula General

$$ICOSUS = -0.02 \cdot 0.003 * \text{Sólidos suspendidos } (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = -0.02 \cdot 0.003 * 25 (g \cdot m^{-3})$$

$$ICOSUS = 0.055$$

Tabla 22

Determinación ICOSUS 2020 Acerías Paz del Río

Cálculo de índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) en el sector Vado Castro-Sogamoso Boyacá					
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el calculo	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	Clasificación De calidad	Señal de alerta por color
		I_{DBO}			
Planta De tratamiento de agua residual Belencito	03 /01/2020	25	0.055	Contaminación Media	Amarilla

Fuente. Monitoreo Acerías Paz del Río 2020

Cálculo de índice de contaminación Trófico ICOTRO 2020

Tabla 23

Determinación ICOTRO 2020 Acerías Paz del Río

Cálculo de índice de contaminación Trófico (ICOTRO) en el sector Vado Castro- Sogamoso Boyacá						
Estación de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros que intervienen en el cálculo	Índice de contaminación Trófico (ICOTRO)			
		Fosforo Total $PO_4 - P$ [mg/l]	Oligotrofia PO_4-P [mg/l] < 0,01 [mg/l]	Mesotrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,01 - 0,02 [mg/l]	Eutrofia PO_4-P [mg/l] entre 0,02 - 1 [mg/l]	Hipertrófico PO_4-P [mg/l] > 1 [mg/l]
Planta De tratamiento de agua residual Belencito	03 /01/2020	0.16			X	

Fuente. Monitoreo Acerías Paz del Río 2020

Tabla 24

Consolidado de los índices de contaminación en el sector Vado Castro del Río Chicamocha

Monitoreos	ICOs	Fecha de Monitoreo	Clasificación de Calidad	Señal de Alerta color
Puente Vado Castro	ICOMI	03/12/ 2018	Contaminación Aceptable	Verde
Vado Castro		14/09/2019	Contaminación Alta	Naranja
Puente Vado Castro		27/07/2020	Contaminación Aceptable	Verde
Puente Vado Castro	ICOMO	03/12/ 2018	Contaminación Alta	Naranja
Vado Castro		14/09/2019	Contaminación Alta	Naranja
Puente Vado Castro		27/07/2020	Contaminación Alta	Naranja
Planta de tratamiento de agua residual Belencito		03/01/2020	Contaminación Alta	Naranja
Puente Vado Castro	ICOSUS	03/12/ 2018	Contaminación Alta	Naranja
Vado Castro		14/09/2019	Contaminación Muy Alta	Roja
Puente Vado Castro		27/07/2020	Contaminación Muy Alta	Roja

Planta de tratamiento de agua residual Belencito		03/01/2020	Contaminación Media	Amarillo
Puente Vado Castro	ICOTRO	03/12/ 2018	Eutrófico	
Vado Castro		14/09/2019	Hipereutrofico	
Puente Vado Castro		27/07/2020	Hipereutrofico	
Planta de tratamiento de agua residual Belencito		03/01/2020	Eutrófico	

Fuente. Estudio 2020

Según la clasificación general de los ICOs iniciando con el Índice de contaminación por mineralización (ICOMI) se puede observar que los dos monitoreos del año 2018 y 2020 en la estación del puente Vado Castro se encuentra con una clasificación de calidad de contaminación de agua aceptable y en el año 2019 con una calidad de contaminación alta. Para el siguiente índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se clasifica en todos los monitoreos históricos con una calidad de contaminación de agua Alta, siguiendo el orden para el índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS) en el año 2019 y 2020 se cataloga con una clasificación de contaminación muy alta, en el análisis del monitoreo Puente Vado Castro está en una categoría de contaminación alta, para el año 2018 y en el año 2020 del monitoreo Belencito se observa que se catalogó en contaminación media. Y finalmente el índice de contaminación trófico (ICOTRO) en los monitores del año 2018 Puente Vado Castro y 2020 planta de tratamiento de Belencito se encuentra en un rango 0.02-1 categorizado como Eutrófico, para el año 2019 y 2020 Sector Vado Castro entre un rango de > 1 identificado como Hipereutrofico.

Clasificación taxonómica de indicadores biológicos

En el Sector Vado Castro se identificó la clasificación taxonómica mediante fuentes secundarias de información, donde se encontró que en el año 2007 y el año 2009 se desarrollaron estudios para determinar que especies de macroinvertebrados se localizan en esta zona. Según la tabla 25 y 26 se evidencio que en los estudios de la universidad de los Andes 2007 y de Corpoboyacá 2009 se encuentran la misma familia y especie.

Tabla 25

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la estación Vado Castro del año 2007

Orden	Especie	Familia	Puntaje BMWP/COL	ASPT
<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	1	1

Fuente: Rocha 2007

Tabla 26

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la estación Vado Castro del año 2009

Orden	Especie	Familia	Puntaje BMWP/COL	ASPT
<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	1	1

Fuente: Corpoboyacá 2009

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT calculado es 1 lo que indica que la tolerancia de los macroinvertebrados a resistir la Contaminación por materia orgánica es muy baja y se presentan graves condiciones de Contaminación en la estación Vado Castro (Rocha, 2007).

A continuación, se observa en la figura 31 el macroinvertebrados encontrado en la zona de estudio que pertenece a la familia *Tubificidae* este caracteriza porque su especie es roja o blanca, dependiendo del hábitat en el que se encuentren. Cuando tiene una baja concentración de oxígeno, sus cuerpos son rojos gracias a la existencia de la hemoglobina, esencial para capturar de manera más eficiente el oxígeno disuelto en el agua, y los blancos no desarrollan hemoglobina por que se hallan en superiores condiciones de calidad de aguas. Viven en los remansos de los sistemas lóticos o en los sedimentos de los sistemas lénticos, por ello son denominados “gusanos del lodo”. Se alimentan de detritus, bacterias y algas que abundan en dichos sedimentos. (Hernández, Restrepo, 2014)



Figura 30. Fotografía del Macroinvertebrado *Tubificidae* Fuente: (Hernández, Restrepo, 2014)

Tabla 27

Clasificación de la calidad de agua de la estación Vado Castro acuerdo al índice

BMWP/Col (Roldán, 2003) año 2007

Estación -año	Clase	Calidad	Color
Vado Castro -2007	V	Muy critica	Rojo

Fuente: Rocha 2007

Tabla 28

Clasificación de la calidad de agua de la estación Vado Castro acuerdo al índice

BMWP/Col (Roldán, 2003) año 2009

Estación -año	Clase	Calidad	Color
Vado Castro -2009	V	Contaminación Muy crítica	Rojo

Fuente: Corpoboyacá 2009

Según la clasificación de la calidad de agua en la tabla 26 y 27 de la estación Vado Castro del año 2007 y 2009 se encuentra en clase v con una calidad de contaminación de agua muy crítica se cataloga con una señal de alerta de color rojo lo que indica que el índice BMWP esta mayor >15 de aguas fuertemente contaminadas.

Relación entre los índices BMWP/Col y los ICO establecidos

La estimación de la relación entre los índices se tiene en cuenta que los macroinvertebrados encontrados en esta zona pueden sobrevivir en condiciones específicas desde la perspectiva fisicoquímica, estas condiciones son limitantes para el crecimiento, desarrollo y reproducción de los macroinvertebrados (Roldan, 2003).

Se determinó que la calidad ambiental del recurso hídrico del río Chicamocha, empleando la metodología de los índices BMWP/COL e ICOs evaluados en el tramo del sector Vado Castro de la cuenca media en temporadas de invierno y verano. Se identificaron las especies de macroinvertebrados, los usos y los vertimientos que tiene el agua del río en el área de estudio; se determinaron los parámetros fisicoquímicos en un punto de muestreo y microbiológico de fuentes secundarias. Los resultados arrojados de los índices fueron correlacionados por el método de los

análisis de parámetros físico químicos que fueron comparados con la resolución 631 de 2015.

Los índices biológicos indicaron que: BMWP/COL presentó calidad de agua fuertemente contaminada, algunos parámetros fisicoquímicos evaluados cumplieron parcialmente con la normatividad vigente para el uso del agua. Los índices de contaminación analizados, a partir de los parámetros mostraron la relación en una clasificación de calidad de contaminación de agua muy alta y alta, y en el índice de BMWP está clasificado en una calidad de contaminación muy crítica, es así que en conclusión el agua de esta fuente hídrica se encuentra muy contaminada debido al mal uso que se le está dando.

En el marco del estudio no se realizaron monitoreos de macroinvertebrados acuáticos debido a la pandemia que atraviesa el país, por esta razón se tomó información de fuentes secundarias de los pocos estudios que se encontraron en el Sector Vado Castro.

Resultados y Discusión

Resultados objetivo 1: Descripción de actividades antrópicas

Se establecen por medio del plan de Ordenamiento Hídrico de la cuenca media del río Chicamocha se determinan que para el tramo de Vado Castro hasta Villa Pinzón los usos de la cuenca son agrícola, ganadería, estético, dilución y asimilación. Las actividades más destacadas en el sector son la agricultura, la ganadería. Debido a que esta actividad tiene una alta demanda hídrica por el riego de cultivos y pastos.

Como parte fundamental del PORH que está siendo ejecutado por la empresa de ingeniería de servicios de consultoría en recursos hídricos (INGFOCOL) y basado en los usos actuales identificados a través del censo de usuarios, y considerando la calidad del río Chicamocha; se plantean los siguientes objetivos de calidad del año 2009 a 2026 y los definidos en la formulación de este PORH, donde se identifica el tramo Vado Castro y los usos establecidos para diferentes actividades. Desde la quebrada que recibe la descarga de la planta de tratamiento del municipio de Sogamoso hasta Vado Castro los objetivos de calidad son asimilación, dilución y estética.

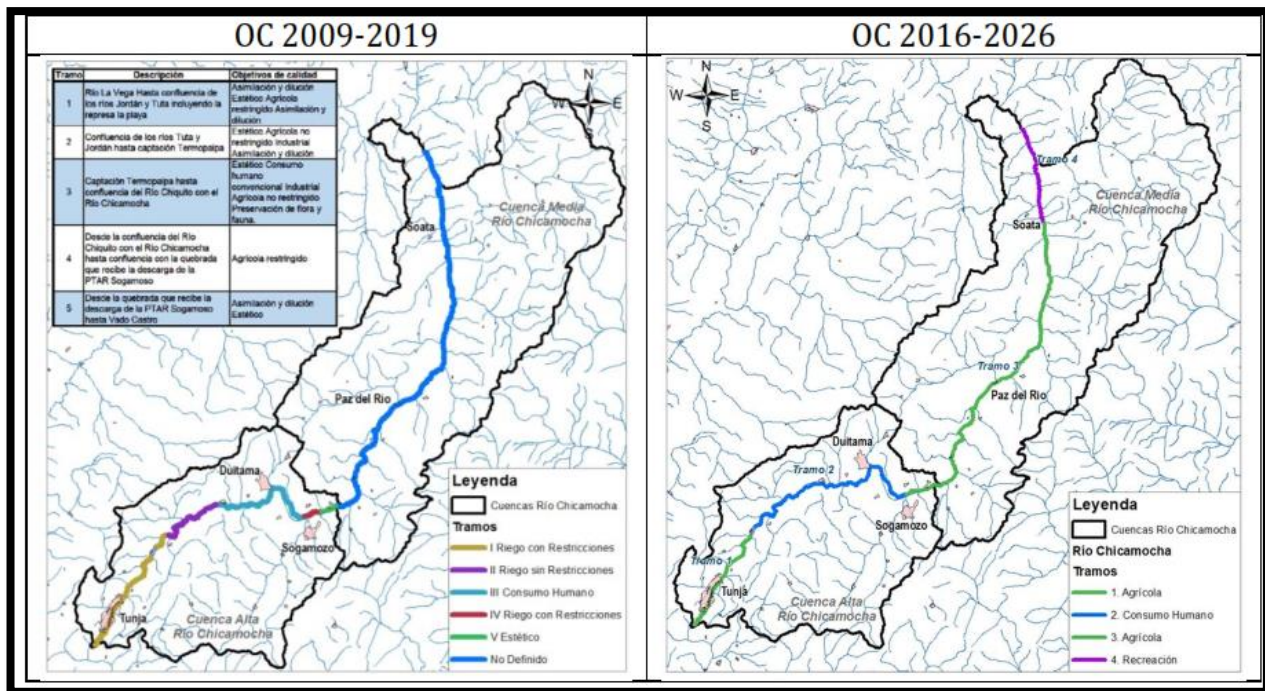


Figura 31. Objetivos de Calidad. Fuente: PORH 2

Resultados objetivo 2: Inventario de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

A partir de los monitores históricos y de los monitores recientes se puede evidenciar la diferencia de la calidad de la fuente hídrica de los años 2015, 2018, 2019 y 2020 del sector Vado Castro para demostrar cuales son las condiciones actuales en las que se encuentra el río Chicamocha.

Según el POMCA 2015 con resultados obtenidos del ICA para la corriente principal del río Chicamocha, se encuentra la calidad de agua en estado regular en el cual se presentan las categorías a la calificación de la calidad de los datos del ICA en un rango de 0.51- 0.70 con una señal de alerta amarillo, de la misma forma los cálculos de ICOMO e ICOSUS se demuestran que

los resultados obtenidos son de la categoría de indicadores de 0.8 -1.0 esto quiere decir que la calificación de la calidad de agua es de contaminación muy alta lo que indica que es una señal de alerta roja.

Resultados objetivo 3: Indicadores de calidad de agua en el tramo Vado castro en el Rio Chicamocha

En los datos históricos de monitoreo del año 2018 el cálculo Índice de contaminación por mineralización (ICOMI) se encuentra en rangos de 0.2- 0.4 lo que indica que es una señal de alerta de contaminación con baja incidencia antrópica, en los siguientes dos cálculos de ICOs (ICOMO e ICOSUS) tienen una alerta de incidencia importante de contaminación Alta identificada en color Naranja y finalmente el cálculo de ICOTRO del este mismo año se encuentra en un rango de 0.02-1 lo que indica que está en la categoría de eutrófico, estos es provocado por el exceso de nutrientes en el agua principalmente del Nitrógeno y del fosforo procedentes de actividades antrópicas. Siguiendo con los cálculos de manera cronológica del monitoreo del año 2019 el ICOMI y el ICOMO se encuentra en una clasificación de contaminación alta con una señal de alerta naranja entre un rango de 0.6 -0.8, en el cálculo de ICOSUS se evidencia una contaminación muy alta en un rango de 0.8 -1.0 indicando que altas cargas de solidos suspendidos afectan directamente los organismos dificultando su alimentación y reduciendo la producción primaria de los organismos fotosintéticos. Concluyendo con el cálculo de ICOTRO de este mismo año se clasifica en hipertrófico lo que hace referencia a una importante presión antrópica muy importante y refleja los nutrientes que suelen llegar al rio Chicamocha.

En el monitoreo realizado en el año 2020 por el semillero de investigación Metamorfo ZueBoy se observa que el indicador ICOMI se clasifica en un rango de

contaminación aceptable con índice un de mineralización de 0,783. Por otro lado, se establece los subíndices de ICOMO con una señal de alerta de color naranja lo cual indica una calificación de calidad de contaminación alta, el ICOSUS se categoriza con señal de alerta roja y una calificación de calidad de contaminación alta, continuando con la mala calidad del agua en menores proporciones del punto localizado aguas abajo del Sector Vado Castro. El índice ICOTRO al evaluarse por medio de la estimación del fosforo total en el punto de monitoreo arroja un rango >1.00 indicando Hipertrofia o contaminación alta, esto quiere decir que tiene gran abundancia de nutrientes y de igual manera hay aumento de eutrofización que hace referencia al exceso de materia orgánica y disminución de oxígeno en aguas profundas.

Para finalizar con respecto a los monitoreos históricos de la empresa Acerías Paz del río del año 2020 el índice de contaminación ICOMO tiene un efecto con alta degradación de contaminación al recurso hídrico ubicado en 0.6-0.8 con señal de alerta de contaminación naranja, para el siguiente cálculo de ICOSUS con valor de 0.4- 0.6 con una contaminación media evidenciando una notable actividad antrópica, con señal de alerta de color amarilla, así mismo el ICO de ICOTRO con un rango de 0.02- 1 que consiste en proliferación en algas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de algas acuáticas.

Las empresas que se encuentran del sector Vado Castro deben cumplir con el artículo 42 de la Ley 99 de 1993, donde establece los recaudos de las tasas retributivas serán destinadas para proyectos que benefician al mismo medio ambiente, como la descontaminación y el monitoreo de la calidad del recurso hídrico. Los productores de las industrias tienen que reducir las descargas vertidas y de esta forma se verá reflejada en los precios de descontaminación que van a tener que

aceptar por las tasas retributivas de un tiempo de cinco años, y tomen la elección que más le convenga económicamente para garantizar el programa de purificación del agua.

Conclusiones

El uso agrícola en el área de estudio es de gran importancia en la economía de la región, por tal motivo es necesario de llevar un control y seguimiento a la comunidad para incentivar el reusó de aguas residuales dentro de una política de gestión integrada del recurso hídrico, con el fin de que en el futuro el agua no limite el desarrollo económico de la región ni genere conflictos entre los diferentes actores locales, regionales que hacen uso de esta.

Se pudo evidenciar que en la investigaciones encontradas de los análisis de calidad de agua del río Chicamocha, algunas empresas del sector industrial como acerías paz del rio realizan sus monitoreos de acuerdo al proceso que realizan teniendo en cuenta parámetros de interés sanitario por otra parte hay empresas industriales que solo cumplen con lo reglamentario y muchas de las ocasiones omiten los análisis de parámetros de metales pesados, ya que estos análisis tienen un costo elevado para le empresa.

En base a los resultados obtenidos de las muestras de agua en la cuenca media del Rio Chicamocha se observa la identificación de cargas contaminantes vertidas de las actividades agrícolas, industriales y domésticas del sector Vado Castro. Se determinó los parámetros de gran importancia para el estudio del proyecto teniendo en cuenta los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del cuerpo hídrico y de las variables de contaminación, como la materia orgánica, la acidez, el pH, porcentaje de saturación de oxígeno, alcalinidad, conductividad, dureza.

En la época de invierno se observó que la contaminación del Río Chicamocha es pésima debido a que las condiciones de carga están más diluidas, por lo tanto, esto presenta índices de calidad que indican malas condiciones para las actividades económicas, que en este momento se realizan en el sector Vado Castro. Entre los usos actuales de la fuente hídrica se encuentran varias captaciones para riego de cultivos como la cebolla larga, papa, arveja, pasto, hortalizas sin ningún tipo de tratamiento, esto quiere decir que es un riesgo de salud para las personas que consumen estos alimentos

El análisis de la calidad del agua de Río Chicamocha en el sector Vado Castro, se empleó los cuatro índices contaminación (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO), obteniendo y analizando los resultados de la calificación de contaminación Muy Mala al tener elementos como materia orgánica y materiales mineralizantes que alteran las propiedades de la calidad del agua y por lo tanto los objetivos de uso establecidos para la cuenca y el desarrollo socioeconómico de la comunidad afectando de manera directa el suelo y disposición de aguas para la agricultura del municipio.

Conforme a lo establecido por la resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas superficiales, se evidencio en el resultado del análisis de la muestra de agua del Río Chicamocha del Sector Vado Castro que los parámetros que sobrepasan los límites permisibles son: demanda biológica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO), esto demuestra que los vertimientos de las actividades antrópicas no están siendo sometidas a un estricto control al ser vertidas a la fuente hídrica.

El resultado obtenido en el estudio de índice biológico evidencia que la calidad del agua del sector Vado Castro es muy crítica ya que presenta altos valores de contaminación para la característica del recurso hídrico según del indicador BMWP. Para la clasificación taxonómica en el área de estudio se determinó el menor valor de ASPT, con rango de 1-1.9, por esta razón es prioridad encontrar especies en supervivencia en estas aguas con altos rangos de contaminación y con baja disponibilidad de factores bióticos y abióticos, al realizar el respectivo análisis de información secundaria se evidencia que solo se encontró una familia la cual tiene la capacidad de sobrevivir en condiciones anaeróbicas.

Recomendaciones

El presente documento servirá como fuente informativa para estudios específicos de la calidad de la fuente hídrica y como herramienta de investigación para apoyar la conservación, protección y recuperación del Río. Teniendo en cuenta que también puede servir como mecanismo para realizar los objetivos de calidad de la cuenca media del Río Chicamocha y de los posibles usos y actividades para el sector Vado Castro.

Para obtener un monitoreo de datos representativos y parámetros fisicoquímicos, se podía ejecutar una instalación de sistemas de medición continuo de parámetros, en los diferentes puntos de monitoreo de la cuenca media del Río Chicamocha, esto permitiría adquirir una base de datos confiable en las diferentes condiciones de la fuente hídrica y de este modo observar el comportamiento del Río para establecer los usos adecuados que permitan la preservación y conservación del recurso hídrico.

Comenzar un proceso educativo con la comunidad mediante charlas formativas, que les permita conocer buenas prácticas ambientales de conservación y preservación para el cuidado del medio ambiente, el impacto que tiene las actividades que se realizan en la actualidad, y cuáles son las alternativas que se tienen para construir un equilibrio con los recursos naturales sin causar un impacto negativo.

La entidad de Corpoboyacá debería de implementar un reglamento que se consideren más como beneficio ambiental para la fuente hídrica, más no solo un beneficio económico para que las actividades antrópicas compensen el daño causado a la fuente hídrica y así obtener impactos positivos y una mejor calidad de agua en la cuenca del río Chicamocha.

Se propone realizar campañas de monitoreo de bioindicadores biológicos regularmente, teniendo en cuenta el comportamiento de las cargas contaminantes ya que estos resultados pueden ser muy eficientes para controlar la calidad del río Chicamocha. De igual manera se manifiesta que las entidades ambientales realicen más estudios a fondo de macroinvertebrados, ya que la información de este tema es muy escasa en este sector.

Referencias Bibliográficas

- Actualización POMCA Rio alto Chicamocha. (2018). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica*. Recuperado de: <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2018/01/pomca-chicamocha-2-resumen-ejecutivo-fase-diagnostico.pdf>
- ASIS- Análisis de situación en Salud con el modelo de los determinantes sociales de salud Sogamoso. (2016). Recuperado de <https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis2016/asis-municipal-2016-sogamoso.pdf>
- Bautista, N, Sanabria, J & Garzon I, (2014). *Análisis de la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, por el vertimiento de aguas residuales en diferentes unidades cartográficas de suelos – caso de estudio vereda iguacitos (municipio de Lérida) y Buenavista (municipio de Venadillo) en el departamento del Tolima*. Recuperado de: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1694/1/Contaminacion-aguas-subterranas-Lerida_Venadillo.pdf
- Cardona, A. (2015). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la Microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras*. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3733/Calidad_y_riesgo_de_contaminacion.pdf
- Corpoboyacá. (2006). *Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha*. Recuperado de <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostico-capitulo2-pomca-chicamocha.pdf>
- Corpoboyacá. (2015). *Diagnóstico del plan de ordenamiento hídrico – porh de la cuenca media y alta del río Chicamocha*. Recuperado de <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp->

content/uploads/2016/08/DIAGNOSTICO_RIO_CHICAMOCHA-
_V4-1.pdf

Corpoboyacá, (2009). *Implementación tasas retributivas por vertimientos puntuales determinación de la meta global de descontaminación*. Recuperado de <http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/08/INFOME>

Corpoboyaca, (2009). *Implementación tasas retributivas por vertimientos puntuales determinación de la meta global de descontaminación*. Recuperado de https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wpcontent/uploads/2016/08/INFOME_EJECUTIVO1212.pdf

Corpoboyacá. (2015). *Diagnóstico del plan de ordenamiento hídrico – porh de la cuenca media y alta del río Chicamocha*. Recuperado de https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/08/DIAGNOSTICO_RIO_CHICAMOCHA-_V4-1.pdf

Cortez, D. (2016). *Modelación dinámica de la calidad del agua del río Chicamocha*. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2843/2016diegocortes.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Corregidor, C (2020). *Evaluación de Impacto Ambiental - EIA en el río Chicamocha polígono del sector de Vado Castro (Boyacá)*. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38472/cacorregidorf.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Cruz, M. (2010). *Propuesta de gestión del uso y manejo de las aguas del río la vega de la ciudad de Tunja departamento de Boyacá*. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/721>

Chacón, M. (2017). *Análisis de la gestión en la descontaminación de la cuenca alta del río Chicamocha en el departamento de Boyacá, durante el período*. Recuperado de

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/23033/1/chaconrodriguezmileidy2017pdf>

Delgado Vargas, J., Lizarazo, L. M., Valdivieso, M., García, D. (2019). *Evaluación cuantitativa de riesgos microbiológicos asociado con el consumo de agua del Río Chicamocha en Boavita-Boyacá*. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 22(1). Recuperado de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1187>

Decreto 1575 de (2007); *Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*; Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

Eco fluidos ingenieros S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Recuperado de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.

Gaete, H. Aránguiz, F. Cienfuegos, G. Tejos, M. (2007). *Metales pesados y toxicidad de aguas del Río Aconcagua en Chile*. Recuperado de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000400023

Gamboa, R. Cifuentes, G. Rocha, Z. (2015). *Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el agua del embalse a copa, municipio Toca, Boyacá/ Colombia*. Recuperado <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/157>

Giraldo, D. Chirivi, J. (2019). *Evaluación piloto de toxicidad aguda del río Fucha*. Recuperado de

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/article/view/2782>

Grisales D; Ortega J; Rodríguez T. (2012). *Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono*. Recuperado de:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/30753/39034>

Hernández, Y. Restrepo, R. (2014). *Guía de macroinvertebrados*.

Recuperado de <https://es.slideshare.net/rrestrepom/gua-de-campo-de-los-macroinvertebrados-acuticos-de-la-quebrada-menzuly-santander-colombia>

IDEAM (2018) *Reporte de avance el estudio nacional del agua*.

Recuperado de

http://www.andi.com.co/Uploads/Cartilla_ENA_%202018.pdf

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Indicadores de agua. (2014). Recuperado de

<http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20calidad%20de%20Agua,humano%20independiente%20de%20su%20uso>.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Indicadores de agua. (2014). Recuperado de

<http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20calidad%20de%20Agua,humano%20independiente%20de%20su%20uso>.

Jiménez, J. Vélez, O. (2006). *Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua Superficial*. Recuperado de

<https://www.redalyc.org/pdf/1450/145020399004.pdf>

Jiménez, A. (2016). *Modelación dinámica de la calidad del agua del río*

Chicamocha. Recuperado

de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2843/Jimenezangie2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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; Recuperado de:
<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Loayza, J.Cano, P.(2015).*Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín*. Recuperado de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3507/Loayza%20Quispe%20-%20Cano%20Rojas.pdf?sequence=1>

Márquez, L. (2018). *Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, municipio de Tópaga Boyacá 2018*. Recuperado de
https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/wp-content/uploads/sites/67/2018/12/images_Documentos_Asis2018_asis_topaga_2018.pdf

Ministerio de medio ambiente (Página oficial). Recuperado de
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-y-aprovechamiento-del-agua>

Ministério de agricultura (1984); Decreto 1594. Recuperado de
http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f

Manila, O; Ortega H; Ramírez C; Uscanga E; Ramos R & Reyes A. (2011). *Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de puebla y Veracruz, México*. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a4.pdf>

Manual de vigilancia por laboratorio de la calidad del agua; (2011). *Por el cual establece las instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis*

de laboratorio. Recuperado de:

<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>

Ministerio de medio ambiente (Página oficial). *Política Nacional para la*

Gestión Integral del Recurso Hídrico Recuperado de:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/direccion-integral-de-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>

Martínez, N. (2018). *Evaluación del recurso hídrico del balneario*

Hurtado, Río Guatapurí, determinada a través de macroinvertebrados acuáticos implementando índices biológicos y fisicoquímicos. Recuperado de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13864/2018nicolasmartinezalvarozequeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y%20%20para%20glosario>

Obando, C. (2019). *Estrategias para la Gestión Sostenible del Recurso*

Hídrico en la cuenca Alta del Río Chicamocha Recuperado de:
file:///C:/Users/PC/Desktop/NOVENO%20SEMESTRE/PROYECTO%20DE%20GRADO/CarolinaObando_TesisMaestria-Rio%20Chicamocha%202019.pdf

Peña, C. (2001). *Toxicología ambiental. Evaluación de Riesgos y*

Restauración Ambiental. Recuperado de:

<http://www.ingenieroambiental.com/informes2/toxamb.pdf>

Patiño, G. (2015). *Evaluación de la calidad del agua por medio de*

bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada la vieja. Recuperado de

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4724/Pati%F1oPescadorGinaAlejandra2015.pdf;jsessionid=DD3C29EC25310B376DD4E665205CC416?sequence=1>

Ramírez, A. Restrepo, R. & Viña, G.(1997). *Cuatro índices de*

contaminación para caracterización de aguas continentales.

Formulaciones y aplicación. Recuperado de:

file:///C:/Users/PC/Desktop/NOVENO%20SEMESTRE/PROYEC
TO%20DE%20GRADO/CALCULO%20DE%20ICO.pdf

Resolución 631 de (2015); *Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.* Recuperado de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

Roldán, G. (2003). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica.* Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

Rocha, B. (2007). *Evaluación de la calidad del agua a partir de indicadores e índices de calidad caso de estudio cuenca alta del Río Chicamocha.* Recuperado de

Samboni, N. Reyes, T. Adelmara. Carvajal, E. (2012), Vol 13. *Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta.* Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323530004.pdf>

Serrano, M. (2012). *Evaluación ecotoxicológica de la influencia de los vertimientos del campo de producción la cira-infantas (gco) sobre dos cuerpos receptores.* Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100009

Siete días Boyacá (2019); *A descontaminar el río Chicamocha: José Acero, viceministro de agua, explico el proyecto.* Recuperado de: <https://boyaca7dias.com.co/2019/06/26/a-descontaminar-el-rio-chicamocha-jose-acero-viceministro-de-agua-explico-el-proyecto/>

- Torres Cruz C & Patiño P (2009), *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano o. una revisión crítica*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- Torres, M. (2009). *Propuesta de gestión del uso y manejo de las aguas del río la vega de la ciudad de Tunja departamento de Boyacá*. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/721/eam40.pdf?sequence=1>
- Tamayo, M. Tamayo, M. (2006). *Investigación descriptiva*. Recuperado de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0088963/cap03.pdf>
- Vera, D. Pinilla, G. (2020). *Aproximación preliminar a un índice multimétrico de macro invertebrados (IMARBO) para evaluar el estado ecológico de Ríos de las cuencas alta y media del Río Chicamocha en Boyacá, Colombia* .Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/83792>

Anexos

Anexo 1. Acta de consentimiento informado para comunidad encuestada

ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Proyecto: *Identificar la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro*

Objetivo: *Identificar clases de vertimientos y uso que le dan al agua del Río Chicamocha, Reconocer la percepción de la comunidad ribereña, respecto al riesgo que representa en uso del agua cruda para diferentes usos y/o actividades*

Yo, _____, con documento de identidad No. _____
De: _____ declaro que se me ha invitado a participar del diagnóstico para la identificación de la línea base toxicológica del Río Chicamocha en el sector Vado Castro.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se me solicita. En relación a ello, acepto participar en una encuesta que se realizará de manera personal.

Declaro además haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para mi salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negarme a participar o dejar de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por el investigador y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por el equipo de investigación, será revisada y archivada por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD" como parte del proceso de formación en ejecución de proyecto de grado y sólo se utilizará con fines académicos. Adicional se aclara que no se recopilarán datos personales y se realizará tratamiento de la información según lo dispuesto en la Ley 1581 de 2012 y a la demás normatividad vigente.

Tomando todo ello en consideración, **CONSIENTO** participar en el estudio, para que los datos que se deriven de la misma puedan ser utilizados con el objetivo especificado en este documento:

Nombre participante: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 2. Formato de encuesta para la comunidad del Sector Vado Castro



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

NOMBRE: _____ FECHA _____

Anexo N.º 2 ENCUESTA PARA LA COMUNIDAD DEL SECTOR VADO CASTRO

Identificar clases de vertimientos y uso que le dan al agua del Rio Chicamocha, reconocer la percepción de la comunidad ribereña, respecto al riesgo que representa el uso del agua cruda para diferentes usos y/o actividades.

1. ¿Cuál es su percepción respecto a la calidad del rio Chicamocha y de los usos que se le da a la fuente hídrica?

- Buena
- Mala
- Regular
- Pésima

2. ¿Cree usted que las autoridades sanitarias y ambientales han realizado un adecuado control en la prevención de la contaminación del Rio Chicamocha?

SI

NO

Anexo 3. Formato de Encuesta para el sector agrícola de Vado Castro



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Anexo N° 1. ENCUESTA PARA EL SECTOR AGRICOLA. Identificar clases de vertimientos y uso que le dan al agua del Rio Chicamocha, reconocer la percepción de la comunidad ribereña, respecto al riesgo que representa el uso del agua cruda para diferentes usos y/o actividades.

1. ¿Qué tipo de agua utiliza para riego en su cultivo?

- Agua de acueducto
- Agua de nacimiento
- Agua del Rio Chicamocha
- Agua lluvia

2. ¿Si su respuesta es que utiliza para riego el Agua del Rio Chicamocha entonces conteste la siguiente pregunta y si su respuesta es uno de los otros tipos omítala?

¿Con que frecuencia realiza el riego con aguas del Rio Chicamocha?

- Diaria
- Cada tres días
- Cada semana
- Cada quince días
- Otro _____

3. ¿Qué tipo de cultivo riega con mayor frecuencia?

- Papa.
- Cebolla
- Hortalizas
- Maíz



Otro _____

4. ¿Usted cree que el agua del Rio Chicamocha tiene una adecuada calidad para el riego de su cultivo?

SI

NO

¿Por qué?

5. Según la Organización Mundial de la Salud "OMS" comenta que las Buenas Prácticas Agrícolas BPA consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma beneficiosa, teniendo un mejor equilibrio entre el medio ambiente con los recursos naturales sin afectación alguna, con las actividades del hombre. Según esto ¿usted maneja buenas prácticas agrícolas en su cultivo? ¿Cuáles?

SI

NO

¿Cuáles?

4. ¿cree usted que el sector agrícola cumple con las orientaciones que brindan las instituciones ambientales para evitar la contaminación del Rio Chicamocha?

SI

NO



¿Por qué?

5. ¿Usted conoce las normas ambientales que regulan la contaminación de las fuentes hídricas en Colombia?

SI

NO

6. ¿Estaría de acuerdo en participar en talleres que le permitan adquirir conocimientos sobre buenas prácticas agrícolas?

SI

NO

7. ¿Usted estaría interesado en implementar buenas prácticas agrícolas, para prevenir impactos ambientales que pueda generar su cultivo en el Río Chicamocha?

SI

NO

Anexo 4. Reporte e informe de resultados de Corpoboyacá del año 2018

DATOS MONITOREO AÑO 2018			
CÓDIGO	TIPO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA Y HORA DE MUESTREO
31193	Agua Superficial	Puente Vado Castro	03 de Diciembre de 2018 16:20 horas
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
Variable	Método	Unidades	Resultado
			31193
Alcalinidad Total	SM 2320 B	mg CaCO ₃ /L	134
Cianuro Total	SM 4500CN - B,C,D	mg CN/L	<0,200
Clorofila A ²	SM 10200 H	mg/m ³	Análisis en proceso
Cromo Total	SM 3030 E - SM 3111B	mg Cr/L	<0,0200
Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO ₅	SM 5210 B, Modificado, ASTM 888-12 e ⁻¹ , Método C	mg O ₂ /L	7
Demanda Bioquímica de Oxígeno Filtrada	SM 5210 B, Modificado, ASTM 888-12 e ⁻¹ , Método C	mg O ₂ /L	<5
Demanda Química de Oxígeno – DQO	SM 5220 D	mg O ₂ /L	<20,0
Dureza Total	SM 2340 C	mg CaCO ₃ /L	88,4
Fenoles Totales	SM 5530 B.D	mg Fenoles/L	<0,100
Fosforo Total	SM 4500-P,B,E	mg P/L	0,309
Caudal ¹	Área-Velocidad	L/s	14094,11
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
Coliformes Fecales	SM 9221 E	NMP/100mL	> 16000
Coliformes Termotolerantes	SM 9221 CE	NMP/100mL	> 16000

Anexo 5. Reporte e informe de resultados de Corpoboyacá del año 2019

Ensayo		Método	Unidad	Valores de Referencia Res. 3560/2015 Art. 1°	Resultado de Análisis		Observaciones
					Sobre el Pto Vado Castro		
				Uso Agrícola	190490-3		
Cianuro Total	ASTM D7511-12	mg CN/L	....	<0,0100		
Clorofila	SM 10200 H	mg/m ³ Clorofila a	....	<0,200		
Mercurio Total	SM 3112 B	mg Hg/L	....	<0,0010		
Piomo Total	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Pb/L	....	<0,1		
Coliformes Termotolerantes	SM 9223 B Modificado	NMP/100mL	100 NMP/mL	150000			
Coliformes Totales	SM 9223 B	NMP/100mL	5000 NMP/100mL	344800			
Escherichia coli (E. coli)	SM 9223 B	NMP/100mL	1000 NMP/100mL	111800			
DBO ₅	SM 5210 B, 4500 O-C	mg O ₂ /L	<10 mg/L	16,1			
Fosfatos	SM 4500 - P-D	mg P/L	2 mg P-PO ₄ /L	1,03			
DBO ₅ Filtrado	SM 5210 B, 4500 O-C	mg O ₂ /L	....	10,4		
DQO	SM 5220 B	mg O ₂ /L	30 mg/L	73,9			
Fenoles	SM 5530 B, D	mg Fenol/L	....	<0,20		
Fósforo Total	SM 4500 - P, B, D	mg P/L	....	1,26		
Ion Amonio NH ₄	Cálculo	mg NH ₄ /L	....	9,90		
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, C	mg NH ₃ -N/L	....	7,70		
Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500-Norg C y SM 4500- NH ₃ C	mg N/L	....	9,70		
Dureza Total	SM 2340 C	mg CaCO ₃ /L	....	75,0		
Sólidos Suspendedos Totales	SM 2540 D	mg SST/L	50 - 100 mg/L	38,4			
Sólidos Totales	SM 2540 B	mg STL	....	1250		
Turbiedad	SM 2130 B	UNT	....	30,0		
Cobre	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Cu/L	....	< 0,20		
Niquel	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Ni/L	....	< 0,20		
Cromo Total	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Cr/L	....	<0,70		
Cadmio	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Cd/L	....	< 0,070		
Cinc	SM 3030 E - SM 3111 B	mg Zn/L	....	0,56		
Nitrito	SM 4500-NO ₂ B	mg NO ₂ -N/L	0,1 mg/L	0,0075			
Nitrato	J. Rodier	mg NO ₃ -N/L	<50 mg/L	<0,50			
Sulfato	SM 4500-SO ₄ T E	mg SO ₄ -T/L	....	346		
Alcalinidad Total	SM 2320 B	mg CaCO ₃ /L	....	120		
Cloruro	SM 4500 Cl - C	mg Cl-L	....	108		
Tenaoactivos Aniónicos	SM 5540 C	mg SAAM/L	....	1,28		
Grasas y Aceites	SM 5520 D	mg GyA/L	Ausente	<10,0			
pH	SM 4500 - H + B	Unid. pH	4,5 - 9,0 Unid. pH	7,50			
Conductividad	SM 2510 B	µS/cm	....	1483		
Sólidos Sedimentables	SM 2540 F	mL/L	....	0,20		
Oxígeno Disuelto	ASTM D888 -12e1 Método C	mg O ₂ /L	2 mg/L	0,41			
Saturación de Oxígeno	ASTM D888 -12e1 Método C	%	....	6,00		
Caudal	Refacción de onías	L/s	....	2430		
Temperatura	SM 2550 B	°C	....	16,8		

Anexo 6. Reporte e informe de resultados semillero Metamorfo ZueBoy del año 2020



IDEAM
Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales
Laboratorio acreditado ante el IDEAM para los parámetros según la resolución N° 0136 del 11 de febrero del 2020



ServiQuimicos.eu
Análisis de aguas residuales, potables, crudas y de uso recreacional
Venta de reactivos químicos en general
Equipos y vidriería para laboratorio en general
NIT. 826.002.964-0

Sogamoso; 04 de Agosto de 2020

REPORTE DE RESULTADOS

Proceso: Gestión de Laboratorio
Fecha de versión: 2019-07-02
Versión: 02 Página 1 de 2
Codigo: GL-FT-13

Reporte No.: 0378-2020

1. INFORMACION DEL CLIENTE				5. INFORMACION DE LA MUESTRA			
Nombre / Razón Social: GUISETT ADELINA GOMEZ SIACHOQUE				No. Muestra: 0378-2020			
Nit o CC: 46.382.851				Nombre de la Fuente: RIO CHICAMOCHA			
Nombre del Contacto: GUISETT ADELINA GOMEZ SIACHOQUE				Sitio de Toma: RIO CHICAMOCHA			
Dirección: CALLE 8 No. 1-35		Ciudad: SOGAMOSO		Fecha de Toma: 2020-07-27		Hora: 11:45 AM	
Telefono: 3133871996		Email: guisett.gomez@unad.edu.co		Clasificación de la Muestra: AGUA SUPERFICIAL			
Cotización No.: CESQL-0187-2020				Tipo de Muestreo: PUNTUAL O SIMPLE			
2. INFORMACION DEL RECOLECTOR				Análisis Solicitado: FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO			
Nombre: AILYN JOHANA GUERRERO CADAVID				Plan de Muestreo: CLIENTE			
No. CC: 1.118.555.004		Telefono: 3209949458		Procedimiento de Muestreo: N/E			
3. LOCALIZACION SITIO DE MUESTREO				Condiciones Ambientales: N/E			
Departamento: BOYACA				6. RECEPCION DE LA MUESTRA			
Ciudad / Municipio: TOPAGA				Fecha de recepción: 2020-07-27		Hora: 12:30 PM	
Vereda / Barrio: VADO CASTRO				7. DESVIACIONES PRESENTADAS DURANTE EL MUESTREO O EN EL ANÁLISIS			
Dirección: VADO CASTRO				NINGUNA			
Coordenadas: N 5°46'16,7" W 72°52'14,8"							
4. OBSERVACIONES DEL CLIENTE O RECOLECTOR							
NINGUNA							
8. RESULTADOS							
8.1 FISICOQUIMICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES
							Ref: Resolución 631/15 art. 8 carga ≤ 625 kg/día DBO5
2020-07-27	PH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500 - H ⁺ B	7.15	± 0.14	6,0 - 9,0
2020-07-27	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 - B	818	± 16	N/A
2020-07-27 A 2020-08-01	DBO5	mg/L O ₂	INCUBACION 5 DIAS	SM 5210 B SM 4500 O-G	62	± 6.21	90
2020-07-27	DQO	mg/L O ₂	REFLUJO CERRADO COLORIMETRICO	SM 5220 D	114	± 9.1	180
2020-07-27	CLORUROS	mg Cl ⁻ /L	TITULOMÉTRICO - ARGENTOMÉTRICO	SM 4500 - Cl ⁻ G	53.8	± N/A	N/A
2020-07-27	FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8040	2.63	± N/A	N/A
2020-07-27	TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	33.4	± N/A	N/A
2020-07-27	HIERRO TOTAL	mg Fe/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8008	1.53	± N/A	N/A
2020-07-27	MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	42.3	± N/A	N/A
2020-07-27	NITRATOS	mg NO ₃ ⁻ /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8039	3.96	± N/A	N/A
2020-07-28	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	GRAVIMETRICO	SM 2540 C	326	± N/A	N/A

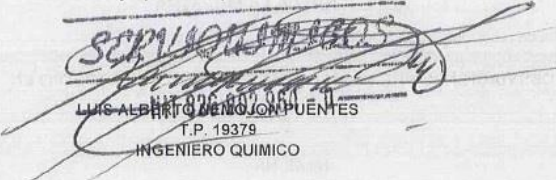
8.2 MICROBIOLÓGICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES
							Ref: Resolución 631/15 art. 8 carga ≤ 625 kg/día DBO5
2020-07-27 A 2020-07-28	ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	100000	N/A	N/A

N/E.: No Especificado N/A.: No Aplica *Parámetro subcontratado ** Parámetro medido "In situ" †: Resultado pendiente

9. INFORMACION ADICIONAL: N/A

10. OBSERVACIONES REALIZADAS POR SERVIQUIMICOS E.U:
Los resultados analíticos del presente reporte corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio ServiQuimicos E.U.

Revisado y aprobado por:



LUIS ALBERTO VEMOLÓN PUENTES
T.P. 19379
INGENIERO QUIMICO

FIN DEL REPORTE

Anexo 7. Reporte e informe de resultados de Parámetros Especiales del año 2020

INFORME DE RESULTADOS V1-N° M20-05661

Bogotá D.C. martes, 25 de agosto de 2020

Página: 1 de 1

INFORMACION DEL CLIENTE							
Cliente:	GUISETT ADELINA GOMEZ SIACHOQUE			Fecha de reporte:	2020-08-25		
Contacto:	GUISETT ADELINA GOMEZ SIACHOQUE			NIT:	46382851		
Dirección:	cll 8 No.1-35 Barrio universidad			Departamento:	BOYACA		
Teléfono:	3133871996			E-mail:	guisset.gomez@unad.edu.co		
INFORMACION DE LA MUESTRA							
Proyecto:	0378-2020			Punto de muestreo:	0378-2020 RIO CHICAMOCHA		
ID Plan de Muestreo:	-			Coordenadas Muestra:	N: 05°46'16,7" OE: 072°52'14,8"		
Matriz: AGUA	Tipo de muestra:	PUNTUAL		Procedencia:	TOPAGA- VADO CASTRO/ BOYACA		
Clase de muestra:	SUPERFICIAL			Fecha y hora de muestreo:	2020-07-27		11:45
Fecha de recepción:	2020-07-28			Condiciones Ambientales:	-		
Fecha de entrega:	2020-08-25			Responsable de Muestreo:	AILYN JOHANA GUERRERO		
RESULTADOS							
Item	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A813	Potasio en agua	EPA 200.2 EPA 6010 D	ICP-OES	mg K+L	13,167	2020-08-04	0,050
A825	Sodio en agua	EPA 200.2 EPA 6010 D	ICP-OES	mg Na+L	88,223	2020-08-04	0,000
A777	Manganeso en agua	EPA 200.2 EPA 6010 D	ICP-OES	mg/L	1,471	2020-08-04	0,087
A537	Fenoles totales	EPA 3510 C 8M 5530 B, D Modificado	Extraccion Liquido-liquido	mg/L	<0,002	2020-08-16	0,002
FIN DE ANALISIS							

Anexo 8. Reporte e informe de resultados de la empresa Acerías Paz del Rio del año 2020.

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS AG28147 - 20

IDENTIFICACIÓN

Cliente:	VALREX SAS			
Dirección del Cliente:	Cl 106 23 61 Of 504 505 506 Bogotá			
Ensayo Realizado:	Fisicoquímico y Microbiológico			
Tipo de Agua:	Residual No Domestica			
Sitio de Muestreo:	Planta de Tratamiento de Agua Residual Belencito			
Punto de Toma:	Salida			
Tipo de Muestreo:	Compuesto			
Fecha y Hora de Muestreo:	2020/01/03	08:00	Al	2020/01/04 07:00
Recolectada por:	Analizar Ltda.			
Fecha y Hora de Recepción:	2020/01/04	09:00		
Objeto:	Caracterización			
Condición de Recepción:	Refrigerada			
Periodo de Análisis:	De 2020/01/04 a 2020/01/24 Plan De Muestreo 758			

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A) (1)				
Caudal(Aforo) **	L/s	16,6	N.E.	Volumétrico
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
DQO Total (A)	mg O ₂ /L	35	250,00	SM 5220 D
DBO ₅ Total (A)	mg O ₂ /L	4	60,00	SM 5210 B, SM 4500- O G
Sólidos suspendidos totales (A)	mg SST/L	25	100,00	SM 2540 D
Sólidos sedimentables (A)	mL SS/L	<0,1	5,00	SM 2540 F
Sólidos sedimentables (A)	mL SS/L	<0,1	5,00	SM 2540 F
Grasas y Aceites (A)	mg AyG/L	<7,13	20,00	SM 5520 B
Fenoles Totales (A)	mg Fenol/L	0,16	0,20	SM 5530 B, D
Detergentes (S.A.A.M) (A)	mg SAAM/L	<0,18	N.E.	SM 5540 C
Hidrocarburos totales (HTP)	mg HTP/L	<7,68	10,00	SM 5520 - B, F
* Hidrocarburos aromaticos	mg/L	<0,002	N.E.	EPA 8100
* B.T.E.X (A)	mg/L	<0,1	N.E.	Cromatografía de Gases
Fósforo Total (A)	mg P/L	<0,16	N.E.	SM 4500-P B D
Nitrogeno Total (A)	mg N/L	40,99	N.E.	SM 4500-Norg C
* Cianuro Total (A)	mg CN/L	<0,10	0,50	SM 4500-CN B,C,E
Fluoruros	mg F/L	1,68	5,00	SM 4500-F D
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	538	500,00	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
* Sulfuros (A)	mg S ²⁻ /L	<1,45	1,00	SM 4500-S ²⁻ - F
Aluminio	mg Al/L	<0,05	0,20	SM 3500-Al B
* Arsénico (A)	mg As/L	<0,0025	0,05	SM 3114 C
* Cadmio total (A)	mg Cd/L	<0,002	0,01	SM 3111 B
* Zinc (A)	mg Zn/L	0,072	3,00	SM 3111 B
Cobre	mg/L	<0,1	1,00	SM 3111 B
* Cromo total (A)	mg Cr/L	<0,011	0,50	SM 3111 B
* Estaño (A)	mg Sn/L	<1,0	2,00	SM 3111 B
Hierro Total	mg Fe/L	0,11	5,00	SM 3500-Fe
Manganeso	mg Mn/L	1,60	2,00	SM 3500-Mn B
* Mercurio (A)	mg Hg/L	<0,0010	0,01	SM 3112 B
* Niquel (A)	mg Ni/L	0,027	0,50	SM 3111 B
* Plomo (A)	mg Pb/L	<0,011	0,20	SM 3111 B
Acidez Total (A)	mg CaCO ₃ /L	26,60	N.E.	SM 2310 B
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	73,70	N.E.	SM 2320 B
Dureza Cálrica (A)	mg CaCO ₃ /L	327	N.E.	SM 3500-Ca B
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	446	N.E.	SM 2340 C
COLOR REAL (A)				
λ(1)= 436 nm	m ⁻¹	0,7	N.E.	ISO 7887
λ(2)= 525 nm	m ⁻¹	<0,2	N.E.	ISO 7887
λ(3)= 620 nm	m ⁻¹	<0,2	N.E.	ISO 7887
* Comp. Orga. Haloqena	mg/L	<0,070	N.E.	SM 6200-B
Coliformes Totales (A)	NMP/100 mL	17x10 ⁶	N.E.	SM 9221 B
Coliformes Termotolerantes (A)	NMP/100 mL	78x10 ⁵	N.E.	SM 9221 B E
FIN DE LOS ENSAYOS				

Anexo 9. Radicado de Corpoboyacá



República de Colombia
Corporación Autónoma Regional de Boyacá
 Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

160 - 00012063

Tunja, 23 NOV 2020

Señorita
LEICY ALEJANDRA PADILLA CARDENAS
 Estudiante Ingeniería Ambiental
 Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
 E-mail: aleja78655@gamil.com

Asunto: Atención radicado 17436 del 19 de octubre de 2020. Solicitud de información monitoreos.

Respetada señorita Leicy Alejandra:

En atención al radicado del asunto, donde solicita información sobre los datos de monitoreo del río Chicamocha y vertimientos que se encuentran en el sector Vado Castro, me permito anexar el informe más reciente sobre el punto de Vado castro, el cual contiene: descripción del punto, georreferenciación, resultados in situ, planillas de campo, datos de aforo, gráfica profundidad del lecho y resultados del análisis a la muestra de agua superficial.

Por otro lado, quiero aclarar que, con relación a los vertimientos de este sector se han identificado 3 sujetos pasivos que vierten directamente en este punto, como lo son Acerías paz del Río, Sanoha LTDA y Grupo Luz y Fuerza Colombia (anteriormente Cementos Argos), para lo cual se adjunta los monitoreos con que cuenta la Corporación de estas empresas.

Por otra parte, le preciso que la información que se le suministra constituye información básica del departamento y como tal CORPOBOYACÁ se reserva la propiedad intelectual y patrimonial de la información, con amparo en la Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor. La información no podrá ser cedida, comercializada, ni otorgada a título de préstamo, sin previa autorización de la Corporación y de acuerdo con las normas establecidas por ésta. Así mismo, se le precisa que podrá usar la información solo para fines académicos, dando el apropiado crédito a la autoría y de copyright de las entidades que participaron en su elaboración.

En este orden de ideas, CORPOBOYACÁ espera haber atendido diligentemente su comunicación, informándole que estaremos prestos a suministrar la información y asistencia requerida sobre el particular.

Reciba un cordial saludo,

SONIA NATALIA VÁSQUEZ DÍAZ
 Subdirectora de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Anexos: Lo enunciado en cuarenta y cuatro (44) folios

Proyectó : Amanda Yanneth Herrera Hernández
 Revisó : Amanda Medina Bermúdez Juan Darío Bautista Buitrago
 Archivado en: Informes Otras Entidades