



**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA
MICROCUEENCA QUEBRADA LA ADOBERA DEL MUNICIPIO DE ZIPACÓN**

Heidy Julieth Hernández Sanabria

11231724304

Karen Natali Castillo Pardo

11231725048

Universidad Antonio Nariño
Programa Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil
Bogotá, Colombia

2022

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA
MICROCUEENCA QUEBRADA LA ADOBERA DEL MUNICIPIO DE
ZIPACÓN**

Heidy Julieth Hernández Sanabria

Karen Natali Castillo Pardo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de Ingeniero(a) Ambiental.

Director:

David Aperador † In memorial

Codirector:

Andrés Julián Martínez Rojas

Línea de Investigación:

Ordenamiento territorial

Grupo de Investigación:

Semillero “Ríos Urbanos”

Universidad Antonio Nariño
Programa Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil
Bogotá, Colombia
2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo en primer lugar a Dios quien nos fortaleció y nos permitió con su bendición sacar adelante este proyecto.

Dedico de manera especial a toda mi familia quienes son las personas más importantes de mi vida, quienes me han acompañado incondicionalmente en todos los tropiezos y subidas, con su gran apoyo me fue posible culminar este logro, a la luz de mi vida quien es mi mamá la mujer incondicional, cariñosa y entregada a su familia que siempre ha estado a mi lado escuchándome, amándome y aconsejándome. A mi Papá el hombre trabajador y luchador, que ha sido un ejemplo para mí y que juntos se constituyen en mi sustento y soporte y a mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado sirviéndome de fortaleza para seguir, porque han hecho un gran esfuerzo por darme lo mejor y porque los amo con todo mi ser y que con su apoyo y colaboración hicieron posible la finalización de una de las etapas más importante de mi vida.

Karen Natali Castillo Pardo

Dedico este logro tan importante en mi vida principalmente a mi familia pues son mi más grande tesoro y representan la base de lo que he logrado y lograré en la vida: A mi madre guerrera inalcanzable que con su amor y palabras de aliento siempre estuvo a mi lado, a mi padre trabajador admirable que con su cariño y temple ha logrado forjar en mi carácter, a mis hermanos que siempre creyeron en mí y buscaron la forma de ayudarme.

Este logro es el resultado del amor, la paciencia, la dedicación y las ganas de lograr sueños que día a día estuvieron presentes en mí.

Heidy Julieth Hernández Sanabria

Agradecimientos

Agradecemos a Dios y a la vida por habernos permitido culminar esta carrera y haber adquirido todo el conocimiento que nos permitirá enfrentarnos a la vida laboral.

En segundo lugar, a cada integrante de nuestras familias padres, hermanos y amigos por siempre habernos dado la fuerza, apoyo y palabras de aliento.

Al Ing. David Aperador (QEPD) director de nuestra tesis quien siempre estuvo apoyándonos y nos dió la oportunidad de pertenecer al semillero de investigación “Ríos Urbanos” y despertar en nosotras el amor por la investigación y el conocimiento. Té llevaremos en nuestros corazones profesor David gracias por ser más que un profesor un amigo.

A Étikaverde por abrirnos las puertas de su fundación, brindarnos su apoyo y colaboración.

Por último, a mi compañera de tesis porque gracias a la armonía y trabajo grupal hemos logrado culminar esta etapa importante de nuestras vidas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de fuentes hídricas y tipo de suelo del municipio de Zipacón, convertido a formato TIFF.	37
Figura 2: Polígono del municipio de Zipacón.....	38
Figura 3: Imagen en formato TIFF y polígono del municipio de Zipacón.	39
Figura 4: Localización y trayecto de la microcuenca quebrada la Adobera.	39
Figura 5: Localización puntos de muestreo	42
Figura 6: Medidor multiparamétrico.....	43
Figura 7: Esquema de la metodología implementada con el medidor multiparamétrico	44
Figura 8: Esquema de la metodología a implementar con el fotómetro multiparamétrico con DQO.....	46
Figura 9: Multiparameter Photometer with COD	47
Figura 10: Test Kit Dureza Total - HI 3812	50
Figura 11: Test Kit de Acidez – HI 3820.....	52
Figura 12: Test Kit de Alcalinidad – HI 3811	54
Figura 13: Metodología para el análisis microbiológico.	58
Figura 14:Lauryl tryptose Broth	59
Figura 15: Bomba de vacío THOMAS	60
Figura 16:Cuenta colonias manuales y cuenta colonias eléctrico.....	61
Figura 17: Muestra 1: Punto alto de la microcuenca Quebrada la Adobera.	64
Figura 18: Cajas de Petri con crecimiento de coliformes totales.....	66
<i>Figura 19: conteo de colonias.</i>	<i>67</i>
Figura 20: Muestra 2: Punto medio de la microcuenca Quebrada la Adobera.	67
Figura 21:Muestra 3: Punto bajo de la microcuenca Quebrada la Adobera.	71
Figura 22: Temperatura	74

Figura 23: pH.	75
Figura 24: Oxígeno Disuelto.....	76
Figura 25: Acidez.....	77
Figura 26: Conductividad	78
Figura 27: Demanda Química de Oxígeno	79
Figura 28: Dureza respecto a los puntos de muestreo.....	80
Figura 29: Sólidos disueltos Totales	81
Figura 30: Potencial Redox.....	82
Figura 31: Turbidez.....	83
Figura 32: Parámetro de color.....	84
Figura 33: Alcalinidad	85
Figura 34: Fósforo Total	86
Figura 35: Nitrógeno Total	87
Figura 36: Coliformes Totales	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de los Puntos Iniciales, Medios y Finales de la Microcuenca Quebrada la Adobera.....	40
Tabla 2: Identificación Puntos de Muestreo	41
Tabla 3: Parámetros Fisicoquímicos con sus Respectivas Unidades.....	45
Tabla 4: Reactivos Utilizados para el Test de Análisis de Dureza.....	48
Tabla 5: Reactivos Usados en el Análisis de Acidez.....	51
Tabla 6: Reactivos Usados para el Test de Análisis de Alcalinidad.....	53
Tabla 7: Reactivos Utilizados en la Lectura de Fósforo total.....	56
Tabla 8: Reactivos Utilizados en la Lectura de Fósforo Total.....	58
Tabla 9: Clasificación de calidad de agua por rangos y colores.....	63
Tabla 10: Valores de cada Parámetro Fisicoquímico evaluados en el medidor multiparamétrico para la Muestra 1.....	64
Tabla 11: Resultados de Acidez, Alcalinidad y Dureza	65
Tabla 12: Resultados de DQO por cada Punto de Muestreo.....	65
Tabla 13: Resultado de Análisis de Fósforo Total para la Muestra 1	65
Tabla 14: Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 1	66
Tabla 15: Valores y Fotografías por cada Parámetro Fisicoquímico para la Muestra 1	66
Tabla 16: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 1	67
Tabla 17: Valores por cada Parámetro Fisicoquímico para la Muestra 2	68
Tabla 18: Resultados de Test de Acidez, Alcalinidad y Análisis de dureza.....	69
Tabla 19: Resultados de DQO para el Punto de Muestreo 2.....	69
Tabla 20: Resultado de Análisis de Fósforo Total para la Muestra 2.....	69
Tabla 21: Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 2	70
Tabla 22: Valores y Fotografías por cada Parámetro Fisicoquímico para la Muestra 2.....	70

	14
Tabla 23: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 2	70
Tabla 24: Valores por cada Parámetro Físicoquímico para la Muestra 3	71
Tabla 25: Resultados de Test de Acidez, Alcalinidad y Análisis de dureza para el punto de Muestreo 3	72
Tabla 26: Resultados de DQO para el Punto 3	72
Tabla 27: Fósforo Total para la Muestra 3.....	72
Tabla 28:Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 3	73
Tabla 29: Resultados de Color para la Muestra 3	73
Tabla 30: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 3	73
Tabla 31: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto 1 (nacimiento) - Zona alta de la quebrada	89
Tabla 32: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto 2 Zona media de la quebrada	90
Tabla 33: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto 3 Zona baja de la quebrada.	91

LISTAS DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de uso propuesto Municipio de Zipacón	97
Anexo 2: Puntos de muestreo y su respectivo Análisis ICA para aguas superficiales por cada punto de muestreo.....	98

LISTAS DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
SIG	Sistemas de Información Geográfica
POMCA	planes de ordenación y manejo de cuencas Hidrográficas
ENA	Estudio Nacional del Agua
PH	Potencial Hidrógeno
EOT	Esquema de Ordenamiento Territorial
TS	Sólidos Totales
OD	Oxígeno Disuelto
IDEAM	Instituto de hidrología, meteorología y estudios Ambientales
DQO	demanda química de oxígeno
SST	sólidos suspendidos totales
CE	Conductividad Eléctrica
DEM	Modelo digital de Elevación
MSNM	metros sobre el nivel del mar
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codaza
NSF	The National Sanitation Foundation
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno
ICA	Índice de Calidad del Agua
WQI (inglés)	Water Quality Index

PCU	Unidades de Platino-Cobalto.
FNU	Unidad Nefelométrica de Formacina
ppm	Partes por millón
mV	Milivoltios
ORP	Potencial de oxido reducción
Psu	Platinum-cobalt units
Ec absoluta	Conductividad absoluta
PO ₄ (-3)	Fosfato
PO ₂ O ₅	Óxido de fosforo III
TDS	Sólidos Disueltos Totales
OMS	Organización Mundial de la salud
pH	Potencial Hidrógeno

1. Contenido

1.	Contenido.....	17
2.	Introducción	23
3.	Objetivos	25
3.1	Objetivo General	25
3.2	Objetivos específicos.....	25
4.	Marco Conceptual.....	26
4.1	Plan de manejo y ordenación de una cuenca POMCA	26
4.2	Cuenca Hidrográfica	26
4.3	Calidad del agua	26
4.4	Índice de calidad del agua	27
4.5	Usos del suelo.....	27
4.6	Usos del agua	28
4.7	Georreferenciación.....	28
4.8	Parámetros fisicoquímicos	28
4.9	Parámetros organolépticos	29
4.10	Parámetros microbiológicos.....	29
4.11	Parámetro Nitrógeno Total.....	29
4.12	Parámetro Potencial REDOX.....	30
4.13	Sólidos disueltos Totales.....	30
5.	Estado del Arte.....	30

6.	Planteamiento del problema.....	34
6.1	Pregunta de investigación.....	35
7.	Metodología	36
7.1	Tipo de Trabajo.	36
7.2	Procedimiento.....	36
7.2.1	Definición del área de estudio	36
7.2.2	Consecución y acopio de información.....	36
a.	Sistema de información geográfica ArcGIS.....	36
b.	Análisis fisicoquímico.....	43
7.3	Parámetros a Evaluar	45
7.3.1	Parámetros fisicoquímicos arrojados por el multiparámetro	45
7.3.2	Parámetro de Color	47
7.3.3	Parámetro de Dureza.....	48
7.3.4	Parámetro de Acidez.....	50
7.3.5	Parámetro de Alcalinidad	52
7.3.6	Parámetro de DQO	54
7.3.7	Parámetro de fósforo total	55
7.3.8	Parámetro de Nitrógeno Total	56
c.	Análisis microbiológico	58
7.3.9	Coliformes Fecales	59
7.3.10	Coliformes Totales.....	59

d.	Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales.....	61
	Índice de Oxígeno Disuelto	61
	Subíndice Sólidos Suspensos	61
	Subíndice Demanda química de oxígeno	62
	Subíndice Conductividad Eléctrica	62
	Subíndice pH	62
	Subíndice Relación Nt / Ft.....	62
8.	Resultados	63
	8.1 Resultados para la muestra 1:.....	63
	8.2 Resultados para la muestra 2:.....	67
	8.3 Resultados para la muestra 3:.....	71
9.	Discusión de resultados.....	74
	9.1 Temperatura (°C)	74
	9.2 pH.....	75
	9.3 Oxígeno Disuelto (O.D)	76
	9.4 Acidez.....	77
	9.5 Conductividad	78
	9.6 Demanda Química de Oxígeno(DQO).....	79
	9.7 Dureza	80
	9.8 Sólidos disueltos totales (TDS).....	81
	9.9 Potencial Redox.....	82

	20
9.10	Turbidez.....83
9.11	Color84
9.12	Alcalinidad.....85
9.13	Fósforo Total86
9.14	Nitrógeno Total.....87
9.15	Coliformes Totales88
	ICA aguas superficiales.....89
10.	Conclusiones92
11.	Contribuciones94
12.	Recomendaciones95
13.	Anexos95
	Anexo 1: Mapa de uso propuesto Municipio de Zipacón97
	Anexo 2: Puntos de muestreo y su respectivo Análisis ICA para aguas superficiales por cada punto de muestreo.....98
14.	Referencias.....99

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal la identificación de las características físicas y químicas de la microcuenca Quebrada La Adobera del municipio de Zipacón (Cundinamarca), para ello se realizó un muestreo en tres puntos de la microcuenca: parte alta, media y baja con el fin de realizar un análisis de los parámetros fisicoquímicos que permitan determinar la calidad del agua como: pH, sólidos totales disueltos (TDS), turbidez, potencial de oxidación-reducción (ORP), conductividad eléctrica (E.C), Temperatura y salinidad. Cabe resaltar que además de los parámetros fisicoquímicos también se realizaron análisis de las propiedades organolépticas presentes en el agua específicamente el color y análisis microbiológicos como: Coliformes Totales y Coliformes Fecales (E. Coli). Las muestras de cada uno de los puntos fueron recolectadas in situ y analizadas en el laboratorio de ingeniería ambiental de la universidad Antonio Nariño.

El resultado obtenido de acuerdo con el índice de calidad de agua para fuentes superficiales en los tres puntos de muestreo realizados a lo largo de la quebrada aguas abajo se mostró un nivel de contaminación elevado.

Por otra parte, se utilizó el sistema de información geográfica ArcGIS dejando representado mediante un mapa: el municipio de interés, la vereda, los tres puntos (parte alta, media y baja) así mismo dentro de uno de los mismos se observa la información tanto de los parámetros físico químicos, organolépticos y microbiológicos, esto especificado en tablas.

Palabras claves: Caracterización, Recurso hídrico, microcuenca, Sistema de Información Geográfica (SIG), Parámetros fisicoquímicos, propiedades organolépticas, Delimitación.

Abstract

The main objective of this work is to identify the physical and chemical characteristics of the Quebrada La Adobera micro-watershed in the municipality of Zipacón (Cundinamarca), for which sampling was carried out at three points of the micro-watershed: upper, middle and lower part in order to perform an analysis of physicochemical parameters to determine the water quality such as: hydrogen potential (PH), total dissolved solids (TDS), dissolved, oxygen concentration (DO), turbidity, oxidation-reduction potential (ORP), electrical conductivity (E. C), temperature and salinity. It should be noted that in addition to the physicochemical parameters, analyses of the organoleptic properties present in the water, specifically, color and microbiological analyses such as total coliforms and fecal coliforms (E.coli) were also carried out. The samples from each of the points were collected in situ and analyzed in the environmental engineering laboratory of the Antonio Nariño University.

The result obtained in the upper part of the micro-watershed was favorable because it shows a low level of contamination, in the middle part the level of contamination was high and in the lower part it showed a high level of contamination.

On the other hand, the ArcGIS geographic information system was used in order to show on a map: the municipality of interest, the district, the three points where the water samples were taken (upper, middle and lower part), as well as the information of the physical, chemical, organoleptic and microbiological parameters, specified in tables, at each sampling point.

Keywords: Characterization, water resource, micro-watershed, Geographic Information System (GIS), physicochemical parameters, organoleptic properties, delimitation.

2. Introducción

La existencia humana como especie depende en parte del uso de los recursos naturales; sin embargo, la falta de planificación y comprensión de las posibles consecuencias del uso inapropiado ha resultado en contaminación ambiental. El agua (esencial para la vida) está siendo seriamente afectada por sustancias cada vez más corrosivas y difíciles de limpiar debido a la naturaleza química de las sustancias de las aguas residuales que ingresan al curso de agua. (Samboni et al., 2007, p. 9)

Existen varios parámetros y variables físicas y químicas que se pueden medir in situ, estos son de gran importancia en la evaluación de los recursos hídricos, a pesar de esto un análisis físico, químico y microbiológico conllevan un arduo trabajo, cabe resaltar ayuada monitorear con mayor frecuencia una fuente hídrica, además de una comprensión profunda de los contaminantes. Se evalúa la contaminación en el agua. Por otro lado, los sistemas de información geográfica son igualmente importantes porque permiten: "Recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica con elementos simples como puntos, líneas y polígonos que juntos representan características geográficas mensurables y variables espaciales". (anónimo, s. f., p. 1). Gracias a GIS también se pueden planificar actividades y así optimizar la toma de decisiones.

Para la realización de estos estudios son importantes las herramientas anteriormente nombradas, pero también es necesario que vaya acompañado del reconocimiento general de la zona de interés de esta manera se hace más fácil analizar resultados.

La contaminación en la zona de interés se da principalmente por causa de actividades tanto agrícolas como pecuarias, follajes, vertimientos domésticos y residuales de igual manera es causada por el uso de plaguicidas y desinfectantes en los cultivos de la región.

De esta manera la presente investigación analizo fisicoquímicamente la microcuenca Quebrada la Adobera, con el fin de evaluar este recurso hídrico, además de compilar esta información en ArcGIS.

Por lo anterior, en este estudio se establecen algunos lineamientos con el fin de preservar el cuerpo hídrico, estos pueden llegar a servir como referencia para los usuarios de recursos y planificadores ambientales para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar la caracterización y análisis fisicoquímico de la “microcuenca Quebrada la Adobera”, ubicada en el municipio de Zipacón.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de las muestras tomadas en la quebrada, para la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, identificando la calidad del agua presente en la fuente hídrica.
- Realizar el trazo del trayecto de la microcuenca Quebrada La Adobera en ArcGIS ubicando los puntos de muestreo y tabulando los resultados obtenidos por cada parámetro.
- Evaluar el Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales, identificando los diferentes parámetros físicos y químicos que presentan contaminación en la fuente hídrica de estudio.

4. Marco Conceptual

4.1 Plan de manejo y ordenación de una cuenca POMCA

El plan de ordenación y manejo de cuenca prevé el uso y manejo sustentable de sus recursos naturales renovables de manera que se mantenga o restablezca un equilibrio adecuado entre el uso y aprovechamiento de la biota, especialmente de sus recursos hídricos. (Abarca, 2021, p. 22).

Por otra parte, y de acuerdo con el DECRETO 1729 de 2002 "proporciona un marco que permite el uso planificado y sostenible de la cuenca, también, habilitando programas y diseños para proteger y ayudar a prevenir daños en el área de la cuenca". (CAR, 2006, p. 2).

4.2 Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un sistema, que consta de un río principal y todas las tierras asociadas entre el origen del río y su estuario. Además, las cuencas hidrográficas incluyen regiones y ecosistemas y sus interacciones que afectan la disponibilidad de agua, tanto en términos de cantidad como de calidad. (UICN, 2013)

4.3 Calidad del agua

La calidad del agua se relaciona con la concentración, las características y los aspectos físicos de las sustancias orgánicas e inorgánicas, incluida la estructura y el estado de los organismos acuáticos, con variaciones espaciales y temporales causadas por factores externos e internos al reservorio. (IDEAM, 2018)

Los ríos, lagos y cuerpos de agua en general son la base de toda la vida en los ecosistemas, y la salud de los ecosistemas está estrechamente relacionada con la calidad del agua. Para este proyecto se realizó los análisis cuantitativos de algunos parámetros como Ph (potencial de hidrógeno), sólidos suspendidos totales (SST), conductividad, entre otros que permitan evaluar el estado de la quebrada la Adobera.

Según el Plan Integral de la cuenca alta del río Apulo (Zipacón) “el agua debe ser adecuadamente protegida y gestionada como un recurso escaso”. (Avda et al. 2018).

4.4 Índice de calidad del agua

Sierra (2021) asegura que “los índices de calidad pueden ser evaluados mediante expresiones matemáticas basados en aspectos fundamentales del recurso hídrico”.

Un índice muy utilizado para este aspecto es el ICA propuesto por la national Science Foundation de los estados unidos (NFS) mediante el cual se obtienen siete niveles usando 5 parámetros, los cuales serán evaluados en el presente trabajo.

4.5 Usos del suelo

El suelo representa una parte fundamental para el desarrollo y equilibrio de los ecosistemas, siendo este el componente principal. “el factor principal que provoca estos cambios es que las personas usan y manejan la tierra para muchos propósitos diferentes, especialmente para el desarrollo de la agricultura, la silvicultura y la ganadería (López et al., s. f., p. 7).

4.6 Usos del agua

De acuerdo con el DECRETO 3930 DE 2010 mediante el cual se hace referencia a los usos del agua y residuos líquidos se menciona que todos los seres humanos deben gozar de un ambiente sano es necesario establecer un ordenamiento del recurso hídrico mediante los usos existenciales y potenciales del recurso teniendo en cuenta características químicas, físicas y biológicas, cualidades paisajísticas y actividades económicas necesarias para la protección de flora y fauna. Por otro lado, el decreto 3930 también establece que los principales usos del agua son para: el consumo humano y doméstico, la preservación de flora y fauna, actividades agrícolas, pecuarias, recreativas, industriales, estéticas, pesca, maricultura y acuicultura, navegación y transporte acuático.

4.7 Georreferenciación.

La georreferenciación permite combinar la información de documentos cartográficos de diferentes procedencias (Martínez et al., 2012, p. 1). Existen varios sistemas de información geográfica que nos ayudaron en el proyecto de investigación como lo es Google Earth y ArcGIS, que se implementaron para la delimitación de la microcuenca.

4.8 Parámetros fisicoquímicos

Teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas del agua, ésta actúa como un excelente disolvente de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, en el cual podemos encontrar una gran cantidad de diferentes sólidos, líquidos y gases que cambian sus propiedades. (Yimmy Montoya & Néstor Aguirre, 2013)

4.9 Parámetros organolépticos

Este parámetro puede ser percibido por los consumidores a través de los sentidos (MINSA, 2010, p. 10)

De acuerdo con Londoño (2013) los parámetros organolépticos no suelen ser un indicador preciso de los niveles de contaminación, aunque su presencia indica un tratamiento inadecuado de las aguas residuales. Es de gran importancia en el agua potable, esto se puede identificar por medio de las propiedades como lo son olor, sabor y color y lo identifica el consumidor generando un rechazo al no parecerse o tener las características similares a un agua potable.

4.10 Parámetros microbiológicos

“Son parámetros que sirven para indicar si existe presencia o no de microorganismos y/o bacterias patógenas cuya presencia indica un riesgo de salud humana” (MINSA, 2010, p. 10).

En este caso se evaluaron coliformes Fecales y Totales con el fin de saber si el agua tenía presencia de excrementos humanos o animales ya que aguas abajo el agua es utilizada para consumo Humano y no utilizan ningún tipo de tratamiento para consumirla, lo cual puede ocasionar riesgos para la salud, los más conocidos son los ocasionados por agentes patógenos como virus, bacterias y parásitos.

4.11 Parámetro Nitrógeno Total

El nitrógeno total es una medida de todas las diferentes formas de nitrógeno contenidas en muestras de agua y es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas

acuáticas y algas. Las plantas acuáticas y las algas no tienen fácil acceso a todas las formas de nitrógeno, especialmente el nitrógeno unido a la materia orgánica disuelta o suspendida.

(*FICHA TECNICA Sistema de Información del Medio Ambiente*, 2011)

4.12 Parámetro Potencial REDOX

El potencial Redox (ORP) es una medida de la eficiencia de la energía química Redox que pasa a través de un electrodo, convirtiéndola en electricidad utilizada para purificar el agua potable. (valls jose luis, 2019)

4.13 Solidos disueltos Totales

TDS se compone de sales inorgánicas, así como una pequeña cantidad de materia orgánica y puede provenir de muchas fuentes diferentes, tanto naturales como humanas. La escorrentía de las áreas agrícolas y urbanas puede transferir el exceso de minerales a los cuerpos de agua, así como descargar aguas residuales, aguas residuales industriales y sales. (renovables del este, 2018)

5. Estado del Arte

La Quebrada la Adobera atraviesa los municipios de Zipacón y Cachipay, esta presenta diversas problemáticas marcadas principalmente por acciones antrópicas que han venido degradando no solo esta microcuenca sino también subcuencas como: “quebrada Manjui, Los Molinos, Arzobispo y Salada”; entre otras. (Zipacón, 2011)

A pesar de la importancia que tiene este cuerpo de agua para la población, no se encontraron trabajos o proyectos de investigación realizados a esta quebrada con el propósito

de implantar una línea base que proporcionara información a este proyecto de investigación y de igual manera a las entidades territoriales para su planificación y ordenación. Sin embargo, se han destacado trabajos a nivel nacional, realizados en diferentes municipios de Colombia, los cuales sirvieron de guía para implementar metodologías integrales y acordes para este trabajo de investigación.

Es así que, en el Departamento de Nariño-Colombia se realizaron estudios de caracterización y clasificación de la Cuenca del río Bobo a partir de mapas topográficos del área a escala 1:25.000, mapas básicos de la red de drenaje y límites de una microcuenca. (Benavides Mora et al., 2009)

Por otra parte, en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, se realizaron estudios en los que se identificaron puntos de descarga, cuencas hidrográficas, características fisicoquímicas, evaluación del índice de calidad del agua (ICA) e índice de contaminación (ICO). Se obtuvieron del software ICATest. Versión 1.0, herramienta de evaluación de la calidad del agua desarrollada por la Universidad de Pamplona. (Rachman, 2018)

Otro trabajo de relevancia para nuestra investigación fue la caracterización y diagnóstico de la microcuenca río “la horca” del municipio de san Fernando, dentro de su metodología se destaca la definición espacial, ya que no se contaba con una cartográfica básica de la cobertura geográfica por lo cual se realizó una delimitación física de la cuenca mediante programas como Arc View 3.2 y Arc Gis 9, por otra parte se realizaron 7 muestreos en diferentes partes de la microcuenca las cuales fueron

trasladadas al laboratorio donde se realizaron los respectivos análisis físico-químicos.(UNOPS, 2011)

En Colombia, la introducción de la modelación hidrológica comenzó a mediados de la década de 1980 con programas como el Modelo de Perturbación Lineal; Luego, a fines de la década de 1990, se trabajó con la modelación hidrológica continua para calcular los caudales promedio (LIZARAZO & GARCIA, 2012). Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los resultados no son alentadores debido al error de cálculo de los campos de entrada requeridos por los modelos y, por otro lado, a la falta de comprensión de sus fórmulas matemáticas (LIZARAZO & GARCIA, 2012). Con el tiempo, los sistemas de información geográfica (SIG) han mejorado su efectividad y de igual manera facilitando procesos de incorporación de datos ya sean morfológicos o geográficos, entre otros.

El proyecto “Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrico de la cuenca del río Metica para” utilizó para su delimitación herramientas como los SIG ArcGIS Pro, Gis 2.6.1 Brighton y Qgis 2.1.8 las Palmas Software, que brindaron una ayuda para simular automáticamente cuencas de drenaje en modelos digitales de elevación (DEM) de superficie, esto simplifica el laborioso trabajo de síntesis manual y aumenta su precisión (Restrepo Klinge, 2019)

En cuanto a los aspectos físicoquímicos de la investigación tenemos que los pioneros en generar una metodología para el cálculo del índice de la calidad del agua (ICA), fueron Horton (1975) y Liebman (1969), fue entonces hasta los años 70 que estos índices fueron

aceptados y utilizados por las agencias de monitoreo ya que en ese entonces los ICA empezaban a tomar mayor fuerza e importancia.

En 1970, trabajos basados en métodos Delphi, como el de la National Sanitation Foundation (NSF), produjeron un índice de calidad del agua (ICA), conocido en español como ICA, basado en nueve parámetros: DBO5, OD, bacterias coliformes, NO₃ - N, pH, cambio de temperatura, TDS y fósforo total (Eugenia et al., 2007, p. 2).

El cálculo de estos índices “son utilizados regularmente por la industria petrolera y varias empresas de las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali y Manizales, según evaluación del ICA y el ICO” (Fernández et al., 2001, p. 2).

Se realizó un estudio respecto al cambio de algunas variables durante 7 años a siete ciénagas ubicadas en Ayapel durante el periodo de 2006 a 2009 en donde el valor arrojado respecto a la conductividad fue bajo en relación a los demás valores de igual forma la transparencia y la concentración fotosintética, indicador que es considerado como bajo. (Yimmy Montoya & Néstor Aguirre, 2013).

Las enfermedades son causadas por la exposición a microorganismos en el agua potable contaminada que extiende fronteras geográficas y socioeconómicas. La carga mundial de enfermedades transmitidas por el recurso en las diversas poblaciones y sus consecuencias económicas ha impulsado el desarrollo de más instrumentos para evaluar la calidad microbiológica y la seguridad del agua (Pfaller, 2014)

6. Planteamiento del problema

La microcuenca La Adobera nace en la parte alta de la vereda San Cayetano (municipio de Zipacón) y desemboca en el Río Apulo. Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Zipacón, en los últimos años se ha visto afectada por diferentes problemáticas, como:

- Actividades agrícolas, especialmente por el manejo de plaguicidas para combatir las plagas existentes en los diferentes cultivos de la región.
- El cultivo de follajes a pesar de representar una importante actividad económica de la región también ocasiona grandes impactos hídricos y de biodiversidad:
- Contaminación del agua por cultivos de flores, principalmente por los residuos de plaguicidas y desinfectantes, a su vez, contaminan el agua. Adicionalmente, el drenaje natural del suelo está influenciado por cambios en sus propiedades y la remoción de la cubierta vegetal. Además, el uso constante de químicos provoca la salinización, reduciendo el microbioma y desinfectando el suelo. (Breilh, 2007).
- Actividades Pecuarias.
- Contaminación a su principal afluente, el río Apulo, principalmente por los vertimientos de tipo doméstico realizadas aguas abajo del cuerpo hídrico.

De igual manera el municipio presenta un déficit en la ordenación y reglamentación para los diferentes usos que involucran la oferta y disponibilidad del recurso. Adicionalmente se presenta una alta degradación de las subcuencas, como la de las quebradas: Manjui, Los Molinos, Arzobispo y Salada, entre otras. Algunos nacimientos de aguas también se han visto afectados por las acciones antrópicas debido a las diferentes actividades existentes.

Esta quebrada es de suma importancia para las veredas colindantes y del municipio de

Zipacón en general, que no solo satisface sus necesidades básicas de consumo sino también sus actividades agropecuarias.

La presente investigación tiene como propósito hacer el análisis físico-químico del cuerpo hídrico de interés, teniendo en cuenta los parámetros legales e índices hídricos que se han establecido para diversos fines. A través del diagnóstico e interpretación de estos resultados, será posible evaluar los diferentes impactos que se producen en el estado de los recursos hídricos a partir de actividades de manejo del suelo como el follaje, además de los residuos domésticos e industriales que se produce en él, y también afecta a otras fuentes de agua del municipio.

Es necesario realizar una identificación y caracterización de la microcuenca, en donde se pueda establecer el nivel de contaminación en el que actualmente se encuentra la quebrada mediante los diferentes parámetros a analizar, así mismo, se convierta en un documento de información para los interesados en proteger esta fuente, para estudios futuros de manera que este sea un documento base, de igual manera, para aquellas personas que deseen implementar estrategias para el manejo adecuado de las diferentes actividades productivas de la región sin que afecten la fuente hídrica.

6.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la clasificación de calidad de agua actual que presenta la microcuenca

Quebrada La Adobera, teniendo en cuenta los diferentes índices evaluados en el ICA

para fuentes superficiales?

7. Metodología

El diseño metodológico se realizó para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica de la microcuenca Quebrada La Adobera, a continuación, se realizará la descripción de la metodología implementada:

7.1 Tipo de Trabajo.

Proyecto de Investigación.

7.2 Procedimiento

7.2.1 Definición del área de estudio

La microcuenca Quebrada la Adobera se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio Zipacón vereda El ocaso.

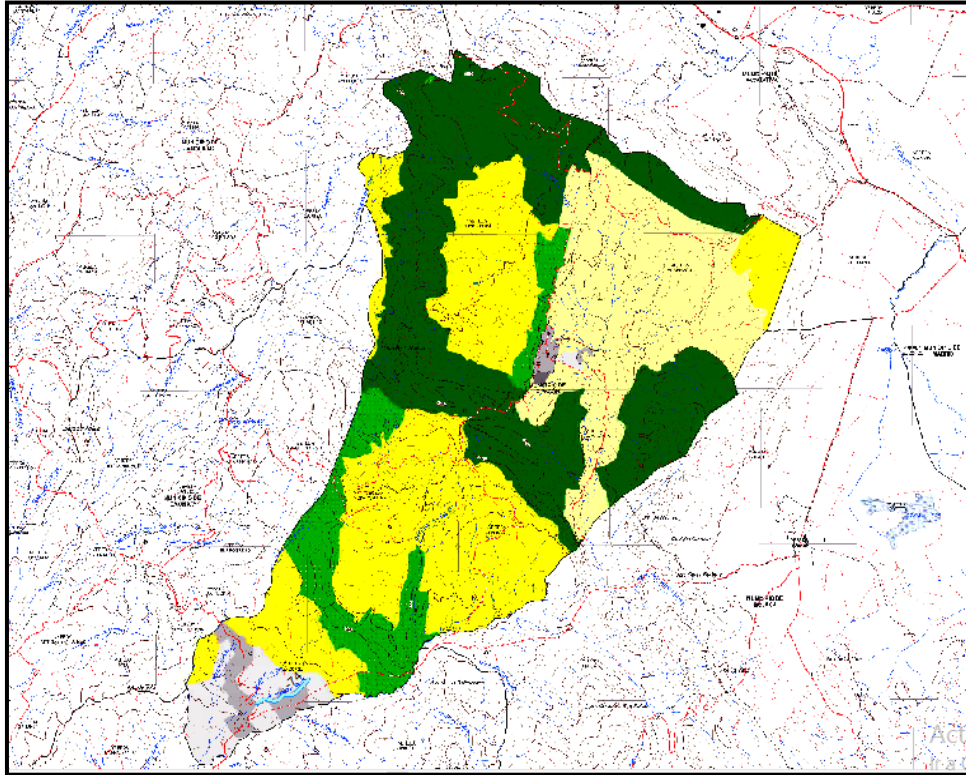
7.2.2 Consecución y acopio de información

a. Sistema de información geográfica ArcGIS

Se realizó una investigación sobre la cartografía base existente del municipio en distintas fuentes bibliográficas, consultas de internet y se encontró poca información al respecto, por ende, se solicitó información a la Alcaldía de Zipacón sobre mapas, estudios, proyectos y documentos existentes sobre la fuente hídrica a estudiar, con el fin de establecer la ubicación exacta, información sobre actividades y vertimientos realizados a la microcuenca Quebrada la Adobera, para cumplir con las metas establecidas dentro de la investigación.

Se tomó como referencia el Anexo 1, en donde se identifican las veredas del municipio de Zipacón y sus fuentes hídricas, convirtiendo la imagen a un archivo TIFF.

Figura 1: Mapa de fuentes hídricas y tipo de suelo del municipio de Zipacón, convertido a formato TIFF.

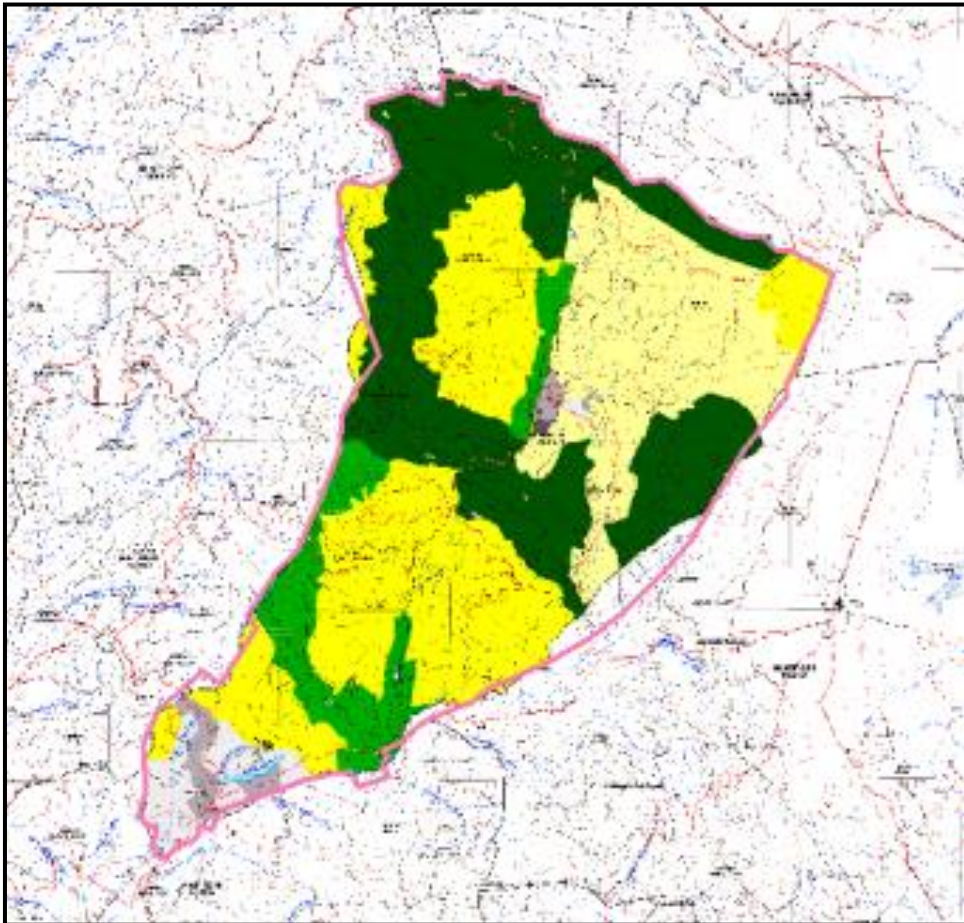


Fuente: Autores, tomado del anexo 1

Nota. Adaptado de *Mapa de uso propuesto del suelo municipio de Zipacón*, INSAT, 2007, Cartografía base IGAC escala 1:25.000 años 1969, 1978, 1983 y 1989; y cartografía temática producto de la articulación y homologación del POT según acuerdo del 7 de julio de 2000.

Este archivo TIFF se georreferenció en ArcGIS para crear el polígono del municipio, trazar el trayecto de la microcuenca Quebrada la Adobera, la ubicación, los metros de recorrido y la vereda a la que pertenece.

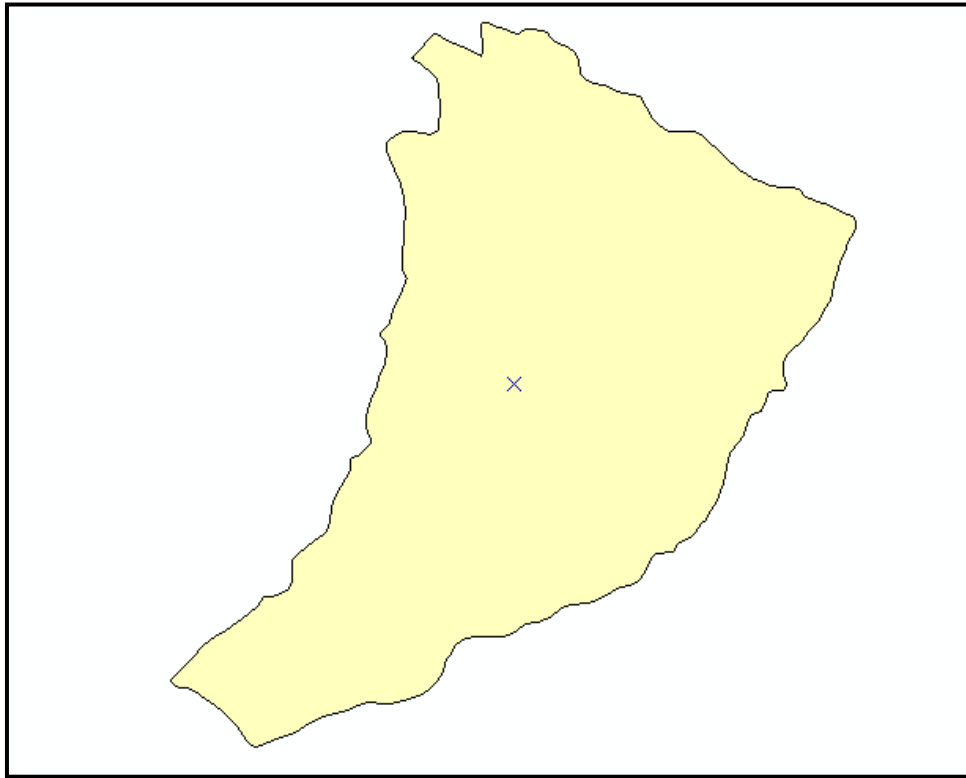
Figura 2: Polígono del municipio de Zipacón.



Fuente: Autores, tomado del anexo 1

Por último, se creó el polígono del municipio de Zipacón, utilizando el archivo en formato TIFF georreferenciado.

Figura 3: Imagen en formato TIFF y polígono del municipio de Zipacón.



Fuente: Autores

Ya trazado e identificado el municipio, se creó y trazó el polígono de la vereda el ocaso ubicando en este la fuente hídrica de estudio la microcuenca Quebrada la Adobera.

Figura 4: Localización y trayecto de la microcuenca quebrada la Adobera.



Fuente: Autores

Una vez revisada la información encontrada y la otra brindada por la alcaldía de Zipacón se logró identificar el trayecto de la microcuenca Quebrada la Adobera y el tipo de uso del suelo, esto se georreferenció en ArcGIS, realizando la identificación y caracterización de la zona.

Con base en esto se identificó que la microcuenca Quebrada la Adobera se encuentra ubicada en el municipio de Zipacón, en las coordenadas 4°71'22"N -74°41'53"O hasta 4°70'98"N -74°41'53"O, sus puntos iniciales, medios y finales con sus coordenadas se evidencian en la tabla 1, descrita a continuación.

Tabla 1: *Coordenadas de los Puntos Iniciales, Medios y Finales de la Microcuenca Quebrada la Adobera*


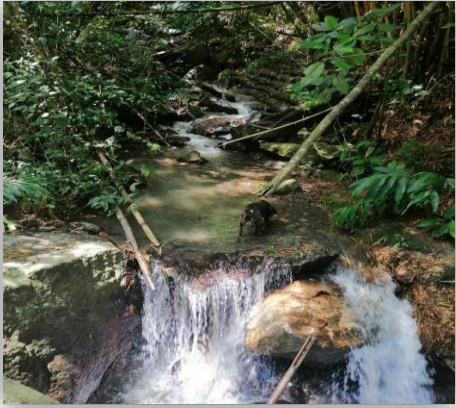
Shape	Punto inicial (X)	Punto inicial (Y)	Punto medio (X)	Punto medio (Y)	Punto final (X)	Punto final (Y)
Polilyne	-74.415313	4.712278	-74.433085	4.708662	-74.415313	4.709808

Fuente: Autores

Nota. Se tomó de la georreferenciación realizada en ArcGIS donde se muestra las coordenadas de los puntos iniciales, medio y finales de la microcuenca quebrada la Adobera ubicada en el municipio de Zipacón.

En cuanto a la recolección de datos de los estudios fisicoquímicos se realizó el recorrido por toda la microcuenca, estableciendo tres puntos de muestreo, tomando las respectivas coordenadas por cada punto, como se observa en la tabla 2, con el fin de realizar el respectivo análisis fisicoquímicos y microbiológico para esta fuente hídrica.

Tabla 2: Identificación Puntos de Muestreo

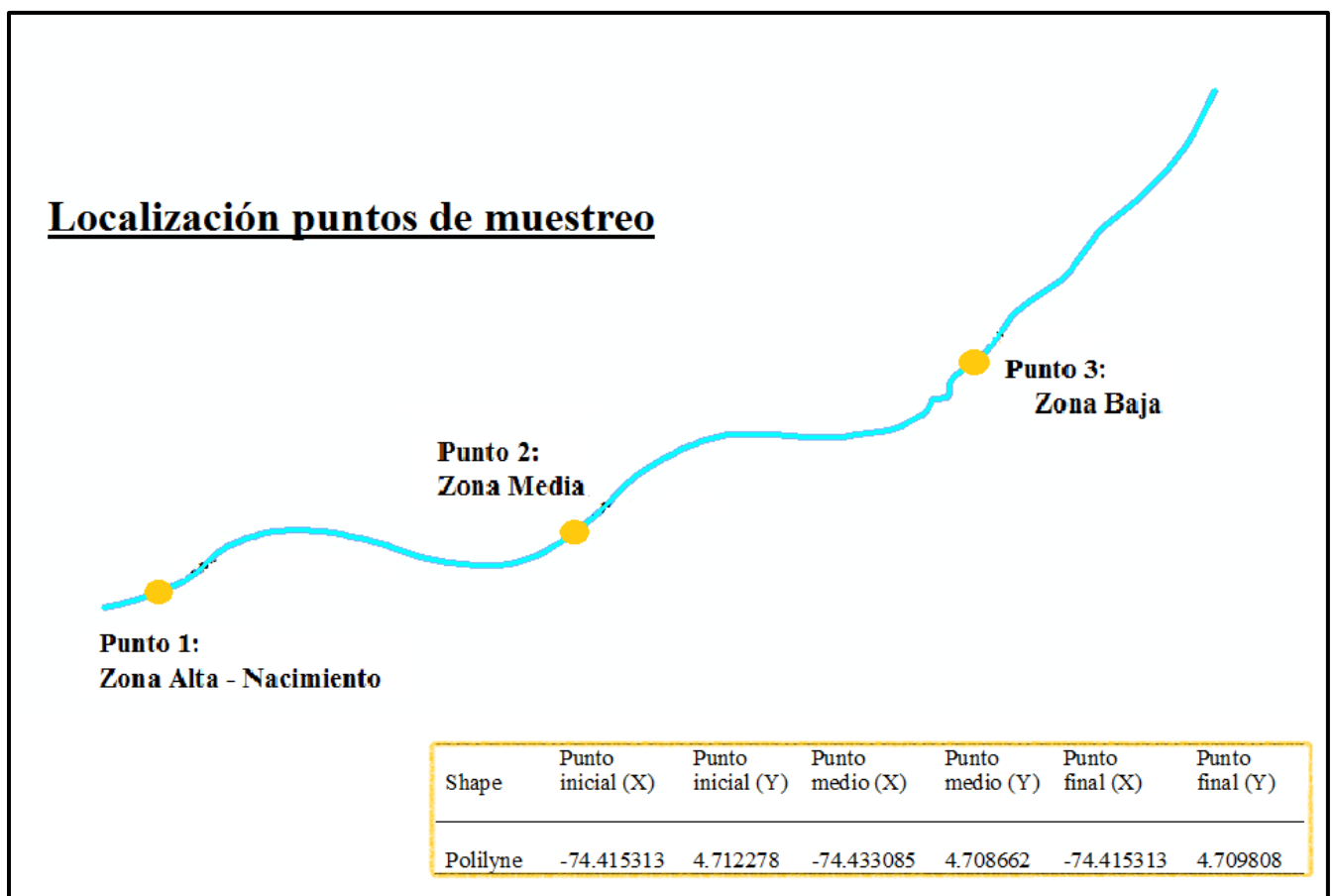
Punto	Coordenadas		Fotografías
	X	Y	
Alto	-	4.7	
	74.426	09	
Medio	-	4.7	
	74.417	11	
Bajo	-	4.7	
	74.420	10	



FFuente: Autores

Para identificar mejor la localización de los puntos de muestreo, se presenta el trayecto de la quebrada el cual fue trazado en ArcGIS, identificando sus respectivas coordenadas.

Figura 5: Localización puntos de muestreo



Fuente: Autores

Para realizar la caracterización y análisis fisicoquímico, se tomaron como referencia tres puntos de muestreo, estos se escogieron por petición de la Fundación ETIKAVERDE con el fin de evaluar la contaminación a lo largo de la microcuenca, tomando como referencia el punto inicial siendo su nacimiento, el punto medio de la misma y por último el punto final de la quebrada en donde está en cercanías a unirse con otras fuentes hídricas.

b. Análisis fisicoquímico

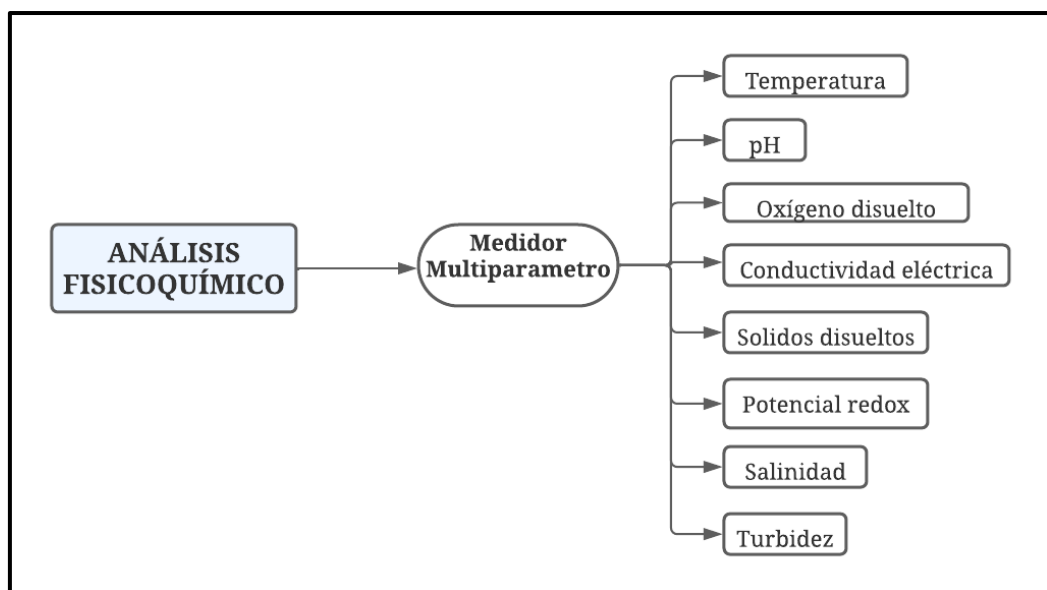
Se implementaron dos metodologías para el análisis fisicoquímico, la primera fue con el medidor multiparamétrico de calidad del agua, en la figura 6 se presentan los ocho parámetros evaluados. Para ello se recolectaron tres muestras, las cuales se llevaron hasta el laboratorio ambiental de la Universidad Antonio Nariño, en donde se analizaron mediante el siguiente equipo medidor :

Figura 6: Medidor multiparamétrico



Fuente: Autores

Figura 7: Esquema de la metodología implementada con el medidor multiparamétrico



Fuente: Autores

Al utilizar el multiparámetro para realizar el análisis fisicoquímico de las muestras obtenidas, este arrojó la lectura de los siguientes parámetros:

7.3 Parámetros a Evaluar

7.3.1 Parámetros fisicoquímicos arrojados por el multiparámetro

Al utilizar el medidor multiparamétrico para los tres puntos de muestreo se obtuvieron los siguientes resultados, con sus unidades respectivamente:

Tabla 3: Parámetros Fisicoquímicos con sus Respectivas Unidades.

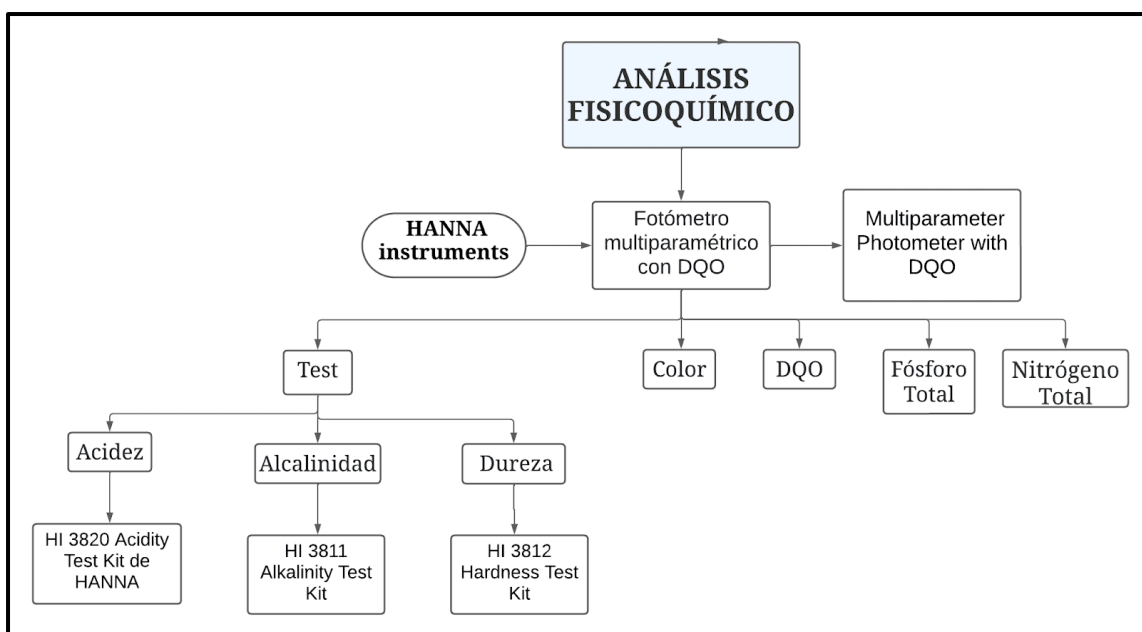
No	PARÁMETRO	UNIDADES
1	Temperatura	°C
2	pH	Unidades
3	Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L
4	Acidez	mgCaCO ₃ /L
5	Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L
6	Conductividad	μS/cm
7	DQO	mgO ₂ /L
8	Dureza Total	mgCaCO ₃ /L
9	Solidos Totales disueltos	Ppm

10	Potencial REDOX	mV
11	Salinidad	Psu
12	Turbidez	FNU
13	Color	PCU

Fuente: Autores

Como segunda metodología se implementó el fotómetro multiparamétrico con DQO, en donde se evaluaron los parámetros de fósforo total, nitrógeno total, DQO, color y se realizaron tres tes, que fueron el test de Alcalinidad, Dureza y Acidez respectivamente, como se observa en la figura 8.

Figura 8: Esquema de la metodología a implementar con el fotómetro multiparamétrico con DQO



Fuente: Autores

7.3.2 *Parámetro de Color*

Para realizar la lectura de color se utilizó el fotómetro multiparamétrico con DQO (Multiparameter Photometer with COD), de HANNA instruments, en el cual se coloca primero la lectura de una muestra de agua destilada que será el blanco, luego se coloca la muestra respectiva y se realiza la lectura arrojando un valor en unidades de PCU. Estas lecturas se realizaron para las tres muestras.

Figura 9: Multiparameter Photometer with COD




Fuente: HANNA instruments

7.3.3 *Parámetro de Dureza*

Para analizar este parámetro, se usó el Test de Análisis de Dureza (HI 3812 Hardness Test Kit) de HANNA instrumentos, para un rango alto de 0 a 300 mg/l de CaCO_3 . El test se llevó a cabo con una muestra de 5 ml, adicionando 5 gotas del reactivo 1, agitando en pequeños círculos, después se le adiciona una gota del reactivo 2, mezclándolo en forma circular, hasta que la solución se torne rojo-violeta, después con una jeringa y una punta se toma hasta la marca 0 el reactivo 3, este lo adiciono a la muestra gota a gota, observando en la jeringa los ml adicionados de la solución en la escala de la jeringa y este valor se multiplica por 300 para obtener mg/l (ppm) de CaCO_3 , este procedimiento se realizó para las tres muestras tomadas en los puntos de muestreo establecidos., en el anexo 2, se encuentra el manual y la ficha comercial HI3812, en la tabla 4 y 6 se encuentran los reactivos nombrados anteriormente y sus resultados respectivamente.

Tabla 4: Reactivos Utilizados para el Test de Análisis de Dureza.

No de reactivo	Nombre del reactivo	Foto del reactivo
1	Hardness Buffer	

2 Calmagite Indicator



3 HI 3812-0 EDTA solution



Fuente: Autores

Figura 10: Test Kit Dureza Total - HI 3812





Fuente: Autores

7.3.4 *Parámetro de Acidez*

Para analizar este parámetro se implementó el test Kit de Acidez (HI 3820 Acidity Test Kit) de HANNA instruments, inicialmente se realizó la determinación de la acidez de naranja de metilo, en donde se tomó una muestra de 5 ml, luego se añadió una gota del reactivo 1 mezclándolo en pequeños círculos, se añade una gota del reactivo 2, como no se observó un color verde o azul, se continuó con el procedimiento, en donde con la jeringa se toma el reactivo 3 y se adiciona a la muestra gota a gota, hasta pasar de amarillo a verde, observando en la jeringa los ml adicionados de la solución en la escala de la misma y este valor se multiplica por 500 para obtener mg/l (ppm) de CaCO_3 , como no ocurrió esta transición se procedió a realizar la determinación de la acidez de fenolftaleína, en donde se toma una muestra de 5 ml pero se le adiciona una gota del reactivo 3 realizando la mezcla con movimientos circulares. Para esto se debe observar un color rojo o rosado, si es así se procede a realizar el test de alcalinidad (test kit de Alcalinidad de Hanna – HI 3811), pero como la muestra seguía incolora, se adicionó el reactivo 4 con la jeringa de titulación hasta la marca de 0, hasta que la solución se vuelva de

color rosa. El valor de reactivo 4 agregado la muestra se multiplica por 500, para obtener el valor de acidez en mg/l CaCO_3 , como este valor fue menor a 100 mg/l CaCO_3 , se procede a realizar el test de determinación de rango bajo, esto con el fin de mejorar la precisión del test, realizando este con una muestra de 25 ml. Se repite el paso a paso que se realizó con el reactivo 4 y el valor de la jeringa se multiplica por 100 para obtener el valor de la acidez en mg/L CaCO_3 .

Tabla 5: Reactivos Usados en el Análisis de Acidez

No de reactivo	Nombre del reactivo	Foto del reactivo
1	Dechlorin(Declarinithing reagent)	
2	Bromophenol Blue (Indicador)	
3	Phenolphthalein(indicador)	
4	HI3820-0	

Fuente: Autores




Figura 11: Test Kit de Acidez – HI 3820

Fuente: Autores

7.3.5 *Parámetro de Alcalinidad*

Para la Alcalinidad, se realizó el test kit de Alcalinidad (HI 3811 Alkalinity Test Kit) de HANNA instruments. Inicialmente se realizó la determinación de la alcalinidad de la fenolftaleína, en donde se tomó una muestra de 5 ml, luego se añadió una gota del reactivo número 1 a través de la ranura de la tapa y se mezcló en pequeños círculos. Al permanecer incolora la solución, se registró como cero la alcalinidad de la fenolftaleína. Se continuó con el procedimiento, en donde se realizó la determinación de la alcalinidad total. Se tomaron nuevamente 5 ml de muestra y se añadió 1 gota del reactivo 2 dando como resultado un color amarillo lo cual significa que la solución es acida, para ello se realiza el test de Alcalinidad (HI 3820-test kit de alcalinidad de Hanna). En la tabla 14 se encuentran los reactivos nombrados anteriormente.

Tabla 6: Reactivos Usados para el Test de Análisis de Alcalinidad.

No de reactivo	Nombre del reactivo	Foto del reactivo
1	Phenolphthalein (Indicator)	
2	Bromophenol blue (Indicator)	
3	HI 3811-0	

Fuente: Autores

Figura 12: Test Kit de Alcalinidad – HI 3811

Fuente: Autores

7.3.6 *Parámetro de DQO*

Para realizar el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizó el fotómetro multiparamétrico con DQO (Multiparameter Photometer with COD), de HANNA instruments. Para realizar este análisis se tomaron las muestras de cada uno de los tres puntos.

Se utilizaron tubos de ensayo para reactor de DQO con disoluciones de 1/10, a los tubos de ensayo se añadió un mililitro de cada muestra mezclada con agua destilada, posterior a ello se aplicó solución de digestión a cada tubo (color amarillo) esto con el fin de que la materia orgánica se oxidara. Se agregó ácido sulfúrico cuidadosamente por la pared de los tubos formando una capa de muestra y solución digestora, se taparon los tubos herméticamente y se invirtieron varias veces con el fin de mezclar completamente el contenido produciendo de esta manera una reacción exotérmica. Se dejaron las muestras durante dos horas en el reactor (termo reacción). Pasado este tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se procedió a la toma de los resultados mediante el fotómetro multiparamétrico.

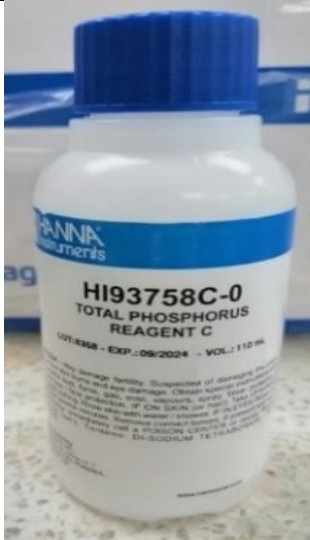

7.3.7 Parámetro de fósforo total

En el tema del fósforo, se utilizó el fotómetro multiparamétrico con pHmetro para aguas residuales (Multiparameter Photometer with COD), de HANNA instruments y se procedió a realizar el método fósforo reactivo LR. Primero se introdujo el adaptador de vial de 16 en el fotómetro para realizar la lectura de fósforo, luego se destapa y se le añade al vial 5.0 mL de la muestra, manteniéndolo en un ángulo de 45 grados, se tapa y se agita varias veces para mezclar.

Luego se coloca el vial en el soporte y se presiona la tecla cero, se procede a retirar el vial, se extrae la muestra y se agrega el contenido de 1 paquete del reactivo 1, se tapa nuevamente y se agita suavemente por 2 minutos hasta que la mayoría del polvo se disuelva por completo.

Se coloca de nuevo el vial en el soporte, se presione el temporizador y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 3 minutos al terminar este tiempo se debe presionar el botón leer y este realizará la lectura de los resultados en mg/L de fósforo (P), para obtener los resultados convertidos en $\mu\text{g/L}$ de fosfato (PO_4^{3-}) y pentóxido de fósforo (P_2O_5), se presiona la tecla Chem Frm. Estos análisis se realizaron para los tres puntos de muestreo obteniendo los resultados en las tablas 13, 19 y 25 respectivamente.

Tabla 7: Reactivos Utilizados en la Lectura de Fósforo total

Número	Nombre	Descripción	Fotografía
1	HI 93758A-0	Reactivo fósforo	
2	HI 93758-0	Reactivo fósforo	

Fuente: Autores

7.3.8 *Parámetro de Nitrógeno Total*

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método de nitrógeno Total en un fotómetro multiparamétrico con pHmetro para aguas residuales (Multiparameter Photometer with COD) de HANNA instruments, Primero se retiró la tapa de dos viales de digestión de nitrógeno total, luego se añadió a cada vial un paquete de persulfato de potasio PERSULFATE/N. Se agregaron 2 mL de agua destilada al primer vial (#1, blanco) y 2 mL de muestra al segundo vial (#2, muestra), manteniéndolos en un ángulo de 45 grados, se tapó de nuevo la tapa de los viales y agitó por 30 segundos hasta que el polvo se disuelva por completo,

luego se introdujo los viales en el reactor y se calentó a una temperatura de 105 °C por 30 minutos. Luego de finalizar el proceso de digestión se colocó los viales en el estante de tubos de ensayo y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Para la lectura de nitrógeno se presionó el botón del temporizador y la pantalla mostró la cuenta regresiva antes de añadir el reactivo nitrógeno total HI 93767-0, se esperó 3 minutos, luego se introdujo los viales en el reactor y se calentaron a una temperatura de 105 °C por 30 minutos, se retiró la tapa y se agregó a cada vial el contenido de 1 paquete del reactivo nitrógeno total, luego se tapó y agitó por quince segundos, se presionó continuar iniciando el conteo regresivo de tres minutos, Para completar la reacción se retiró los tapones de los dos viales, se agregó 2 ml del blanco digerido a un vial y 2 ml de la muestra digerida al otro vial de reactivo, sosteniendo los viales en un ángulo de 45 grados, se procedió a cerrar e invertir 10 veces. Por consiguiente, se instaló el vial vacío (colocando en el trípode por 5 minutos).

Se repitió el procedimiento de medición, sacando el tubo vacío y colocando el tubo (#2) en el soporte, se presionó el botón de lectura para comenzar a medir, el instrumento muestra el resultado en mg/l de nitrógeno (N) y finalmente se retiró la tapa y se agregó el contenido de 1 sobre de metabisulfito de sodio, a cada tubo de ensayo cerrando la tapa y agitando suavemente durante 15 segundos mientras presiona la tecla chem frm. Para realizar la conversión del resultado en mg/L de amoníaco (NH_3) y nitrato (NO_3^-).

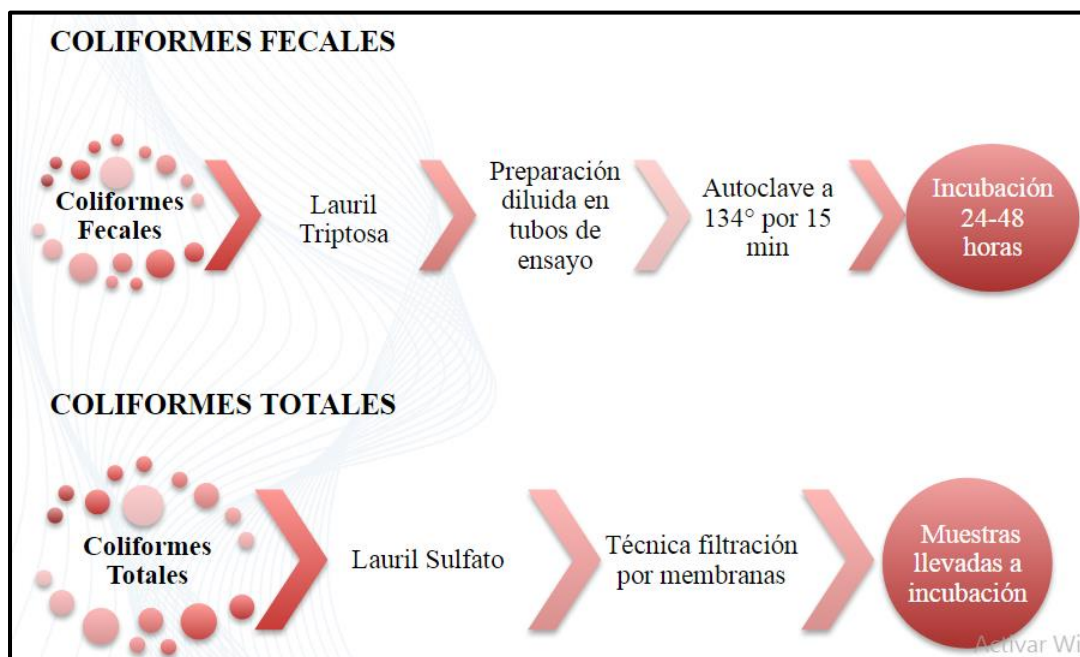
Tabla 8: Reactivos Utilizados en la Lectura de Fósforo Total

Reactivo	Descripción
HI 93767A-B	Vial de digestión de nitrógeno total
DEIONIZED120	Agua desionizada
PERSULFATE/N	Reactivo persulfato de potasio
PERSULFATE/N	Reactivo metabisulfito de sodio
HI 93767-0	Reactivo nitrógeno total
HI 93766V-0LR	Vial de reactivo nitrógeno

Fuente: Autores

c. Análisis microbiológico

Para realizar el análisis microbiológico de la microcuenca Quebrada La Adobera en los tres puntos de muestreo se estableció la siguiente metodología:

Figura 13: Metodología para el análisis microbiológico.

Fuente: Autores

7.3.9 *Coliformes Fecales*

Para la detección de los coliformes fecales se inició con la preparación del medio de cultivo para lo cual se utilizó Lauryl tryptose Broth (caldo lauril Triptosa), el cual permite evaluar la capacidad que poseen las bacterias para fermentar lactosa y producir gas. Con la etiqueta del producto se adicionaron 35.6 g de lauril por cada litro de agua purificada, la preparación ya diluida se colocó en tubos de ensayo y se esterilizó en autoclave a 134°C durante 15 minutos dejando enfriar a temperatura ambiente, luego de esto se agregó a cada tubo 0.005 ml de cada muestra con la disolución 1/1000 o 10^{-3} . Posterior a ello, se realizó la siembra en medio de cultivo sólido agar, se llevó a incubación durante 24-48 horas.

Figura 14:Lauryl tryptose Broth



Fuente: Hach USA

7.3.10 *Coliformes Totales*

En cuanto a coliformes Totales se realizó la preparación del medio de cultivo con lauril sulfato. Este permite que el desarrollo de los microorganismos fermentadores de lactosa sea rápido.

En este caso se utilizó la muestra con dilución 10^{-4} y la técnica utilizada fue filtración por membranas. Mediante unas pinzas estériles extraíamos el filtro de la envoltura la membrana y se colocó con cuidado en el sistema de filtración, luego añadimos 45 ml de la muestra de agua al embudo de filtración, esto se hace con el objetivo de pasar el agua por el filtro de manera que los microorganismos existentes queden retenidos en la superficie. Una vez filtrada la muestra de agua se desconectó la bomba de vacío la cual contiene fenol para esterilizar cada una de las muestras, con las pinzas estériles se retiró la membrana y se depositó en la placa de Petri, las muestras fueron llevadas a incubación con temperatura de 44°C en medio caldo de lactosa.

Figura 15: Bomba de vacío THOMAS



Fuente: Equimedicas

Figura 16: Cuenta colonias manuales y cuenta colonias eléctrico.



Fuente: Autores

d. Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales

El índice de calidad de agua para fuentes superficiales tiene en cuenta los valores de los parámetros de Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica (CE), pH y la relación NT/FT con base en esto para evaluar este índice se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

Índice de Oxígeno Disuelto

El valor I_{OD} se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD})$$

Subíndice Sólidos Suspendedos

El índice de calidad para sólidos suspendedos se calcula de la siguiente manera:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST)$$

Subíndice Demanda química de oxígeno

Para evaluar el índice de DQO se debe tener en cuenta el valor obtenido en el laboratorio, con este se evalúa:

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

Subíndice Conductividad Eléctrica

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(3,26 + 1,34 \text{Log C.E})}$$

Cuando $I_{C.E} < 0$, entonces $I_{C.E} = 0$.

Subíndice pH

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{(pH * 0.520025)}$

Subíndice Relación Nt / Ft

Si $NT/PT \leq 5$, ó $NT/PT > 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,15$

Según los valores obtenidos por cada subíndice evaluado según las consideraciones nombradas anteriormente, se obtiene una clasificación de calidad de agua según un rango y un color, como se evidencia en la tabla 9:

Tabla 9: Clasificación de calidad de agua por rangos y colores

Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
0.00 - 0.25	Muy mala
0.26 - 0.50	Mala
0.51 - 0.70	Regular
0.71 - 0.90	Aceptable
0.91 - 1.00	Buena

Fuente: Autores.

8. Resultados

Para la descripción de los resultados obtenidos en las diferentes parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, se especificarán por tablas y gráficas que se mostrarán a continuación:

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos se realizó por medio de la medición con el multiparámetro y el fotómetro multiparamétrico con DQO, para los tres puntos de muestreo y con ello se obtuvieron las siguientes fotografías y valores por cada muestra tomada.

8.1 Resultados para la muestra 1:

Punto alto (nacimiento) de la microcuenca Quebrada la Adobera.

Figura 17: Muestra 1: Punto alto de la microcuenca Quebrada la Adobera.



Fuente: Autores

Tabla 10: Valores de cada Parámetro Físicoquímico evaluados en el medidor multiparamétrico para la Muestra 1.

Parámetro	Unidades	Valor
Temperatura	°C	13.03
pH		6.19
mV pH		65.67
ORP	mV	194.94
EC(conductividad)	μS/cm	135.50
EC Absoluta	μS/cm	105.10
TDS	Ppm	68.10
Salinidad	Psu	0.06
Oxígeno Disuelto	%	48.84
Oxígeno Disuelto	Ppm	3.70
Turbidez	FNU	0.29

Fuente: Autores

Para la segunda metodología, donde se implementó el fotómetro multiparamétrico con DQO, se obtuvieron los siguientes resultados para el nacimiento de la zona en estudio.

Tabla 11: Resultados de Acidez, Alcalinidad y Dureza

Muestra	Test	Valor	Múltiplo	Resultado	Unidades
PUNTO 1 (NACIMIENTO)	Acidez	0.55	X 300	195	mg/ L CaCO ₃
	Alcalinidad	0.48	X 100	48	mg/ L CaCO ₃
	Dureza	0.37	X 100	37	mg/ L CaCO ₃

Fuente: Autores

Para la Demanda Química de Oxígeno se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se multiplicaron por 10, debido a que se tomó la dilución 1/10 de cada muestra analizada.

Tabla 12: Resultados de DQO por cada Punto de Muestreo.

Puntos	Valor	Unidades
1 Alto	110	mg/L

Fuente: Autores

Se analizaron las tres muestras tomadas en los puntos establecidos para identificar el fosforo total, multiplicando su valor por 10, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 13: Resultado de Análisis de Fósforo Total para la Muestra 1

Puntos	Valor	Unidades
1 (Alto)	11	PO ₄ ³⁻
	8.2	PO ₂ O ₅
	3.6	Fósforo normal

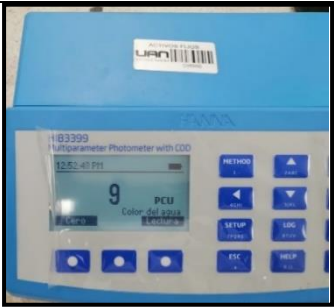
Fuente: Autores

Tabla 14: Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 1

	Puntos	Valor	Unidades
		4	NH ₃
1	(Alto)	13	NO ⁻³
		3	Nitrógeno normal

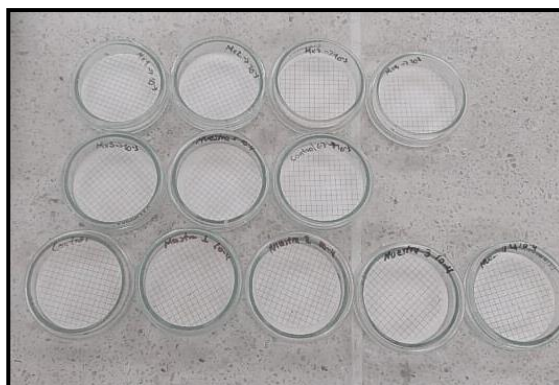
Fuente: Autores

Tabla 15: Valores y Fotografías por cada Parámetro Físicoquímico para la Muestra 1

Parámetros	Valor	Unidades	Fotografías
Color	9	PCU	

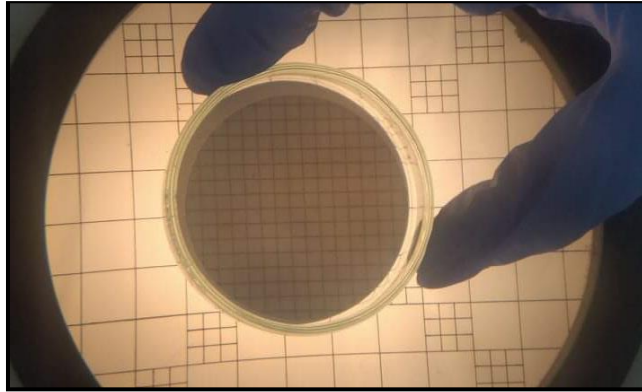
Fuente: Autores

En cuanto al análisis microbiológico se realizó el conteo de las colonias que crecieron en el medio Lauril, en las disoluciones de 10^{-3} y 10^{-4} de los tres puntos de muestreo, obteniendo coliformes totales, y para coliformes fecales se trabajó con la disolución 10^{-3} en cultivo sólido agar obteniendo los siguientes resultados.

Figura 18: Cajas de Petri con crecimiento de coliformes totales

Fuente: Autores

Figura 19: conteo de colonias.



Fuente: Autores.

Tabla 16: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 1

Disolución	No de colonias
10^{-3}	40
10^{-4}	110

Fuente: Autores

8.2 Resultados para la muestra 2:

Punto medio de la microcuenca Quebrada la Adobera.

Figura 20: Muestra 2: Punto medio de la microcuenca Quebrada la Adobera.



Fuente: Autores

Los valores obtenidos en la lectura del multiparámetro para la lectura tomada de la parte media de la microcuenca Quebrada La Adobera, fueron:

Tabla 17: Valores por cada Parámetro Físicoquímico para la Muestra 2

Parámetro	Unidades	Valor
Temperatura	°C	13.92
pH		6.69
mV pH		40.49
ORP	mV	369.97
EC	μS/cm	137.90
EC Absoluta	μS/cm	109.00
TDS	Ppm	69.00
Salinidad	Psu	0.07
Oxígeno Disuelto	%	52.07
Oxígeno Disuelto	Ppm	3.86
Turbidez	FNU	11.53

Fuente: Autores

Los tres Test realizados en el fotómetro multiparamétrico con DQO, se obtuvieron los siguientes resultados, para el punto medio de la microcuenca la Quebrada la Adobera.

Tabla 18: Resultados de Test de Acidez, Alcalinidad y Análisis de dureza.

Muestra	Test	Valor	Múltiplo	Resultado	Unidades
PUNTO 2 (MEDIO)	Acidez	0.60	X 300	190	mg/ L CaCO ₃
	Alcalinidad	0.90	X 100	90	mg/ L CaCO ₃
	Análisis de Dureza	0.45	X 100	45	mg/ L CaCO ₃

Fuente: Autores

Para la DQO, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se multiplicaron por 10, debido a que se tomó la dilución 1/10 de cada muestra analizada.

Tabla 19: Resultados de DQO para el Punto de Muestreo 2.

Punto	Valor	Unidades
2	Alto	186.7
		mg/L

Fuente: Autores

Para identificar el fosforo total en el punto dos de muestreo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20: Resultado de Análisis de Fósforo Total para la Muestra 2

Puntos	Valor	Unidades
2	Medio	1.42
		PO ₄ ³⁻
		PO ₂ O ₅
		3.264
		Fósforo normal

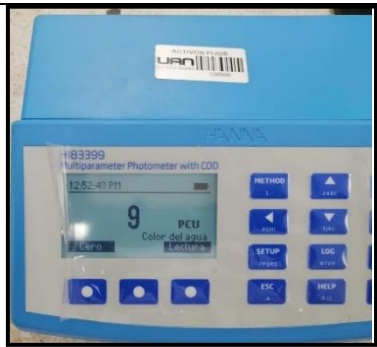
Fuente: Autores

Tabla 21: Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 2

	Puntos	Valor	Unidades
		119	NH ₃
2	Medio	432	NO ⁻³
		97	Nitrógeno normal

Fuente: Autores

Tabla 22: Valores y Fotografías por cada Parámetro Físicoquímico para la Muestra 2

Parámetros	Valor	Unidades	Fotografías
Color	105	PCU	

Fuente: Autores

En el tema del análisis microbiológico para el punto de muestreo 2, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 23: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 2

Disolución	No de colonias
10 ⁻³	51
10 ⁻⁴	117

Fuente: Autores

8.3 Resultados para la muestra 3:

Punto bajo de la microcuenca Quebrada la Adobera.

Figura 21: Muestra 3: Punto bajo de la microcuenca Quebrada la Adobera.



Fuente: Autores

Tabla 24: Valores por cada Parámetro Físicoquímico para la Muestra 3

Parámetro	Unidades	Valor
Temperatura	°C	14.79
pH		7.03
mV pH		23.66
ORP	mV	302.16
EC	μS/cm	139.00
EC ABS.	μS/cm	112.00
TDS	Ppm	70.00
Sal	Psu	0.07
Oxígeno Disuelto	%	45.64
Oxígeno Disuelto	Ppm	3.32
Turbidez	FNU	11.43

Fuente: Autores

En el punto de muestreo 3, se obtuvieron los siguientes resultados obtenidos en el fotómetro multiparamétrico.

Tabla 25: Resultados de Test de Acidez, Alcalinidad y Análisis de dureza para el punto de Muestreo 3

Muestra	Test	Valor	Múltiplo	Resultado	Unidades
PUNTO 3 (BAJO)	Acidez	0.78	X 300	234	mg/ L CaCO ₃
	Alcalinidad	0.65	X 100	65	mg/ L CaCO ₃
	Análisis de Dureza	0.53	X 100	53	mg/ L CaCO ₃

Fuente: Autores

Se obtuvieron los siguientes resultados para la DQO para el punto de muestreo 3, estos se multiplicaron por 10, debido a que se tomó la dilución 1/10 de cada muestra analizada.

Tabla 26: Resultados de DQO para el Punto 3

Puntos	Valor	Unidades
3 Bajo	143.3	mg/L

Fuente: Autores

Para el parámetro de fosforo total se obtuvieron los siguientes resultados para la zona baja de la quebrada:

Tabla 27: Fósforo Total para la Muestra 3

Puntos	Valor	Unidades
3 Bajo	6.4	PO ₄ ⁻³
	4.8	PO ₂ O ₅
	2.1	Fosforo normal

Fuente: Autores


Tabla 28: Resultado de Análisis de Nitrógeno Total para la Muestra 3

	Puntos	Valor	Unidades
		13	NH ₃
3	Bajo	37	NO ⁻³
		8	Nitrógeno normal

Fuente: Autores

Para el análisis del parámetro de color se obtuvo como resultado:

Tabla 29: Resultados de Color para la Muestra 3

Parámetros	Valor	Unidades	Fotografías
Color	59	PCU	

Fuente: Autores

Tabla 30: Coliformes Totales en el Laboratorio para la Muestra 3

Disolución	No de colonias
10 ⁻³	24
10 ⁻⁴	80

Fuente: Autores

9. Discusión de resultados

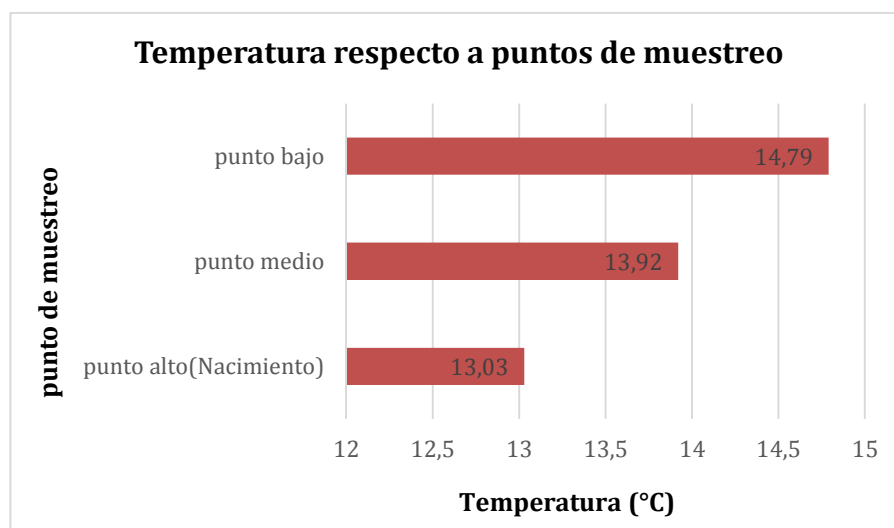
Para el tema de los resultados se explicará cada parámetro medido y analizado con sus diferentes resultados, observaciones y conclusiones, para realizar la caracterización y análisis físico químico de la microcuenca Quebrada La Adobera ubicada en el municipio de Zipacón.

9.1 Temperatura (°C)

Este es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua. De acuerdo con la figura se puede observar que la temperatura aumenta a medida que se desciende en el trayecto de la quebrada.

En el punto más alto que es el nacimiento se tiene una temperatura de 13,03° por lo cual se considera un clima frío, este es un clima característico de la zona ya que Zipacón es un municipio bosque de niebla, en las partes bajas de la quebrada aumenta un poco más la temperatura, debido a que aguas abajo atraviesa otros municipios con temperaturas más altas, esto teniendo en cuenta que la radiación solar y la cantidad de luz afecta significativamente la temperatura del agua.

Figura 22: Temperatura .



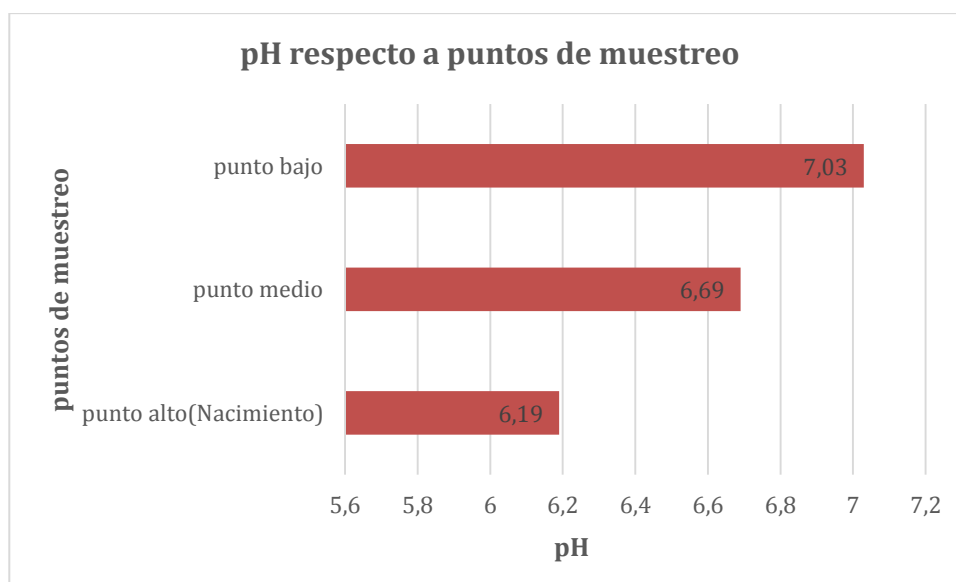
Fuente: Autores

9.2 pH

Esta prueba es una de las más importantes para la determinación de la calidad del agua. De acuerdo con el gráfico se puede notar que durante el trayecto de la quebrada desde su nacimiento hasta la parte baja el pH va aumentando, aunque no en cantidades significativas manteniendo un rango propio de aguas naturales.

En el nacimiento se observa un pH de 6,19 es decir ligeramente ácido encontrándose allí la mayor disponibilidad de nutrientes, en el punto medio y bajo de la microcuenca se encuentra un pH neutro de 6,69 y 7,03 siendo este un rango en el cual los efectos tóxicos de los elementos son muy mínimos.

Figura 23: pH.



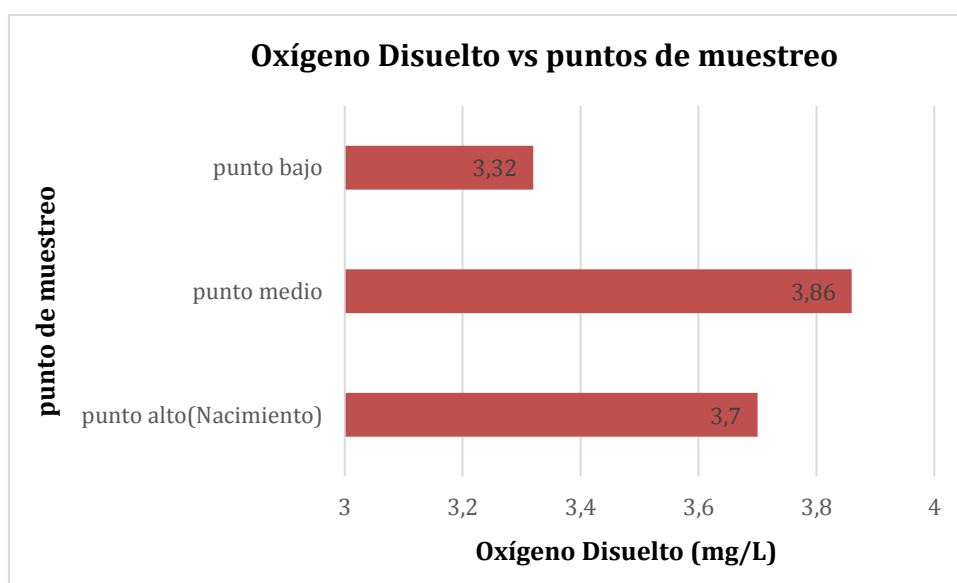
Fuente: Autores

9.3 Oxígeno Disuelto (O.D)

Este parámetro físico-químico y representa importancia para los ecosistemas acuáticos cuando se mantienen concentraciones altas existe mayor probabilidad de que se trate de un entorno sano por ende permite mantener diversidad de organismos.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en los tres puntos se analizaron en el laboratorio de la universidad y no superan los 4 ppm lo cual significa que no hay oxígeno disuelto suficiente para la mayoría de especies y se podría considerar como agua contaminada, aunque los niveles de oxígeno disuelto son más elevados en horas de la tarde y más bajos en la mañana lo cual tiene sentido debido a que la toma de muestras fue tomada en horas de la mañana.

Figura 24: Oxígeno Disuelto.

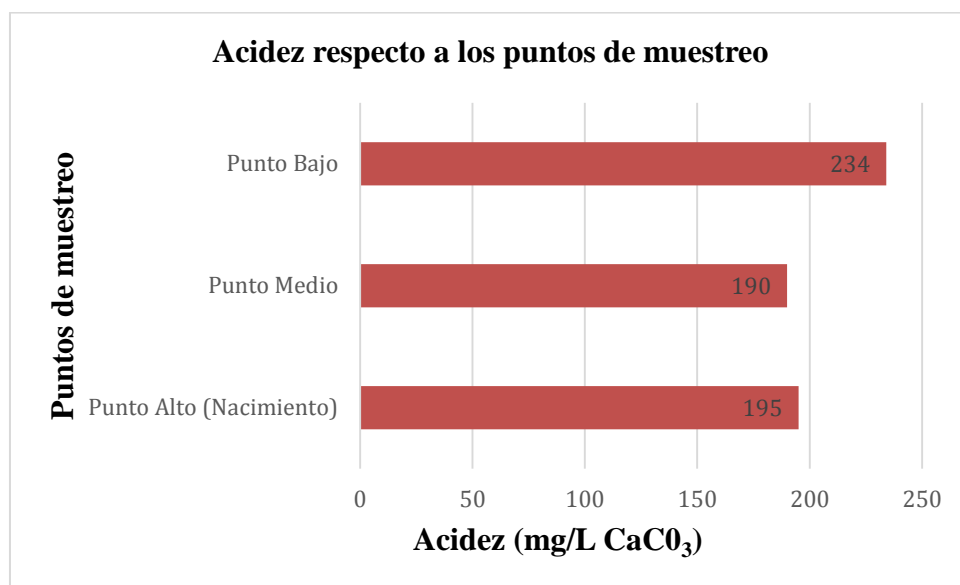


Fuente: Autores

9.4 Acidez

La concentración de ácido aumentó a medida que avanza en su trayecto aguas abajo, esto indica que está directamente relacionado con la descarga de aguas residuales domésticas que presentan detergentes y materia orgánica lo cual hace que se vea afectado la dureza en el punto 3.

Figura 25: Acidez.

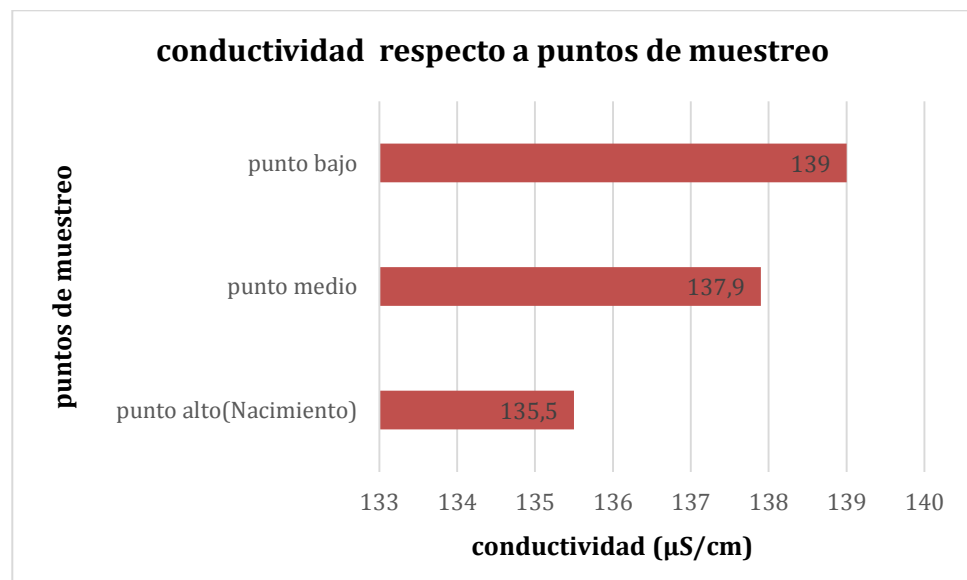


Fuente: Autores

9.5 Conductividad

La temperatura afecta al movimiento iónico o conductividad de esta manera se evidenció que de acuerdo con el análisis de la muestra realizada en el laboratorio el aumento de la conductividad aguas abajo se debe al aumento de la temperatura en cada punto de muestreo, Por otro lado, al no ser un parámetro tomado in situ la temperatura puede variar significativamente al someter la muestra a una temperatura diferente a la zona de estudio.

Figura 26: Conductividad

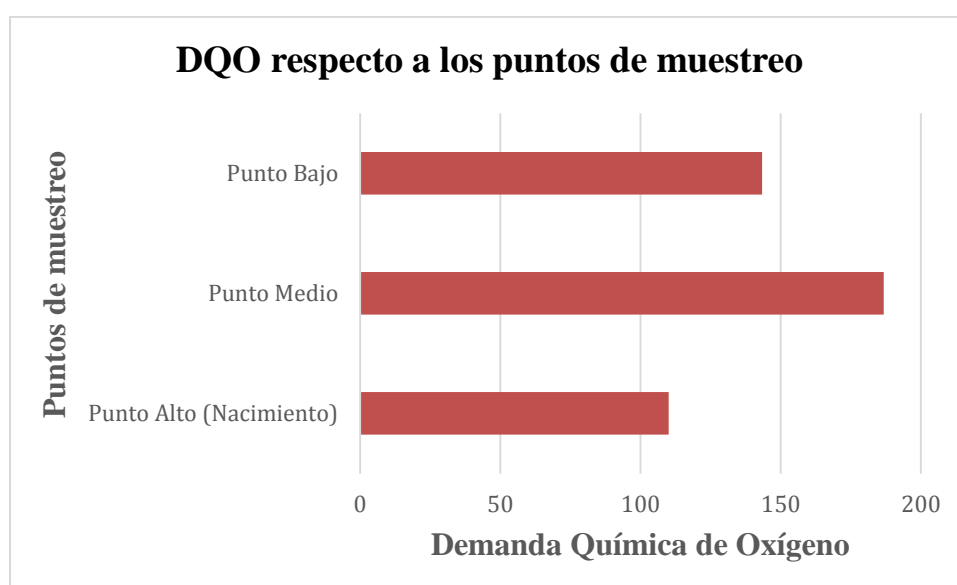


Fuente: Autores

9.6 Demanda Química de Oxígeno(DQO)

De acuerdo con el índice de calidad del agua(ICA) la DQO que esté entre 10mg/l y menores o iguales a 20mg/l se considera un agua superficial de buena calidad, por ende, la calidad del agua de la quebrada la Adobera es buena ya que se encuentra entre 11 y 15 mg/l con lo cual se considera un agua superficial con bajo contenido de materia orgánica,

Figura 27: Demanda Química de Oxígeno

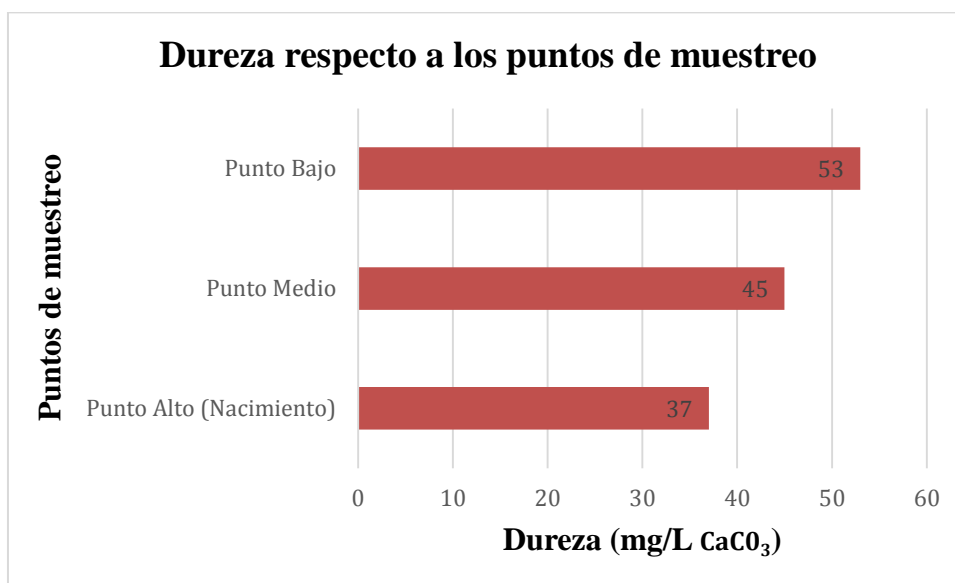


Fuente: Autores

9.7 Dureza

En el análisis de dureza en los tres puntos se encontró que sus valores oscilan entre 30 a 60 mg/L de CaCO_3 , clasificando esta dureza como Agua muy blanda debido a que se encuentra en el rango de 0 a 79 mg/L CaCO_3 , indicando que esta fuente no está generando o no podría llegar a generar futuras incrustaciones en las diferentes tuberías por las que se distribuye al municipio.

Figura 28: Dureza respecto a los puntos de muestreo

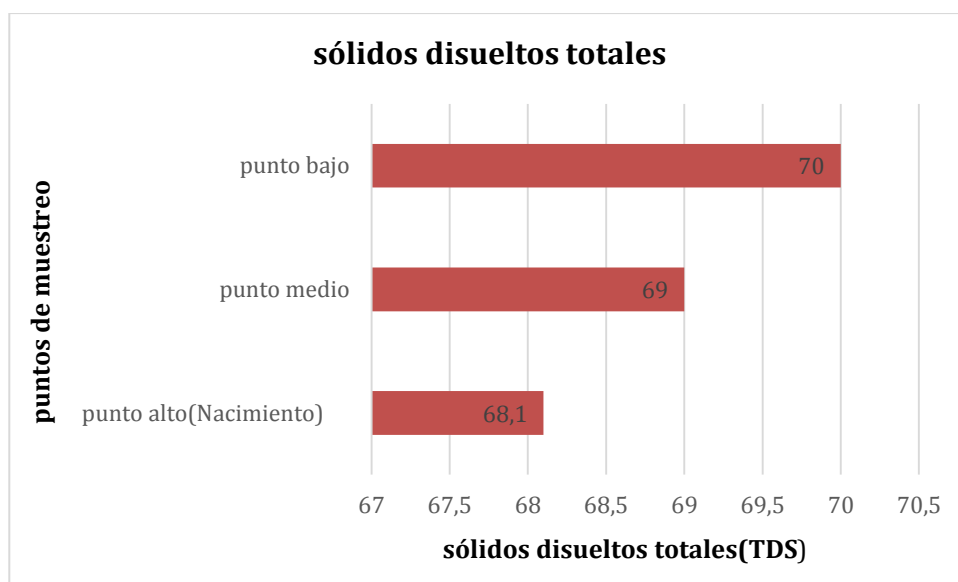


Fuente: Autores

9.8 Sólidos disueltos totales (TDS)

Existe una relación entre la conductividad y los sólidos disueltos, en este caso a medida que aumenta la conductividad también aumenta los sólidos disueltos totales, es decir que la concentración de sólidos disueltos es directamente proporcional a la conductividad.

Figura 29: Sólidos disueltos Totales

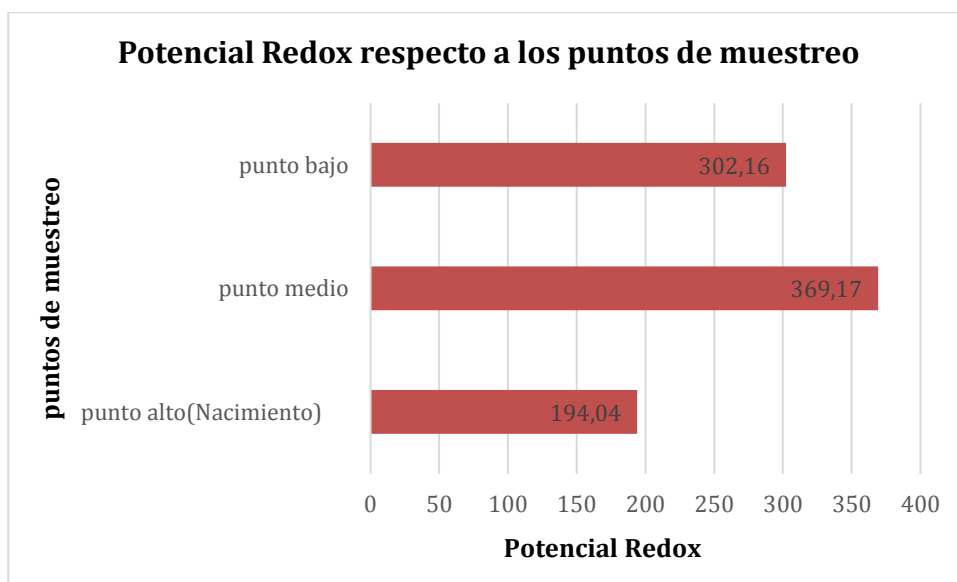


Fuente: Autores

9.9 Potencial Redox

Existe una relación exponencial entre la tasa de inactivación del virus y el ORP a valores entre 650 y 700 mV, algunas bacterias, como E.coli y Salmonella, morirán instantáneamente. de este valor en adelante empieza a disminuir el tiempo de efectividad hasta los 500 Mv. De acuerdo con lo anterior el ORP presente en la microcuenca la Adobera no tiene la capacidad de eliminar estas bacterias ya que el valor máximo arrojado fue en el punto 2 con 369,97 ORP.

Figura 30: Potencial Redox.

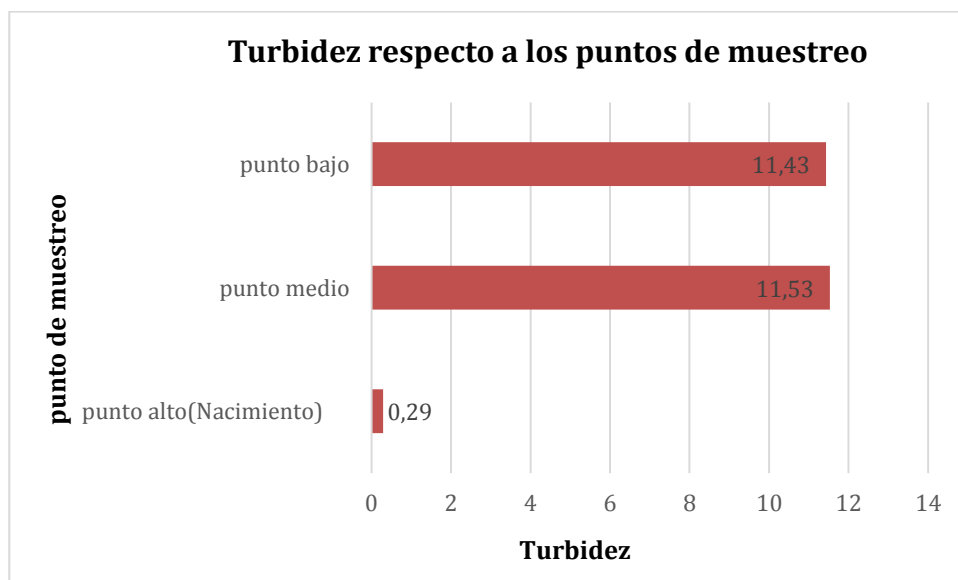


Fuente: Autores

9.10 Turbidez

De acuerdo con la OMS (organización Mundial de la salud) el límite máximo permisible es de 5 UNT (unidades nefelométrías de turbidez), parámetro que solo se cumple en el punto 1(nacimiento) con 0,29 UNT en los puntos 2(punto medio) y 3(punto bajo) de la cuenca se estaría excediendo este parámetro como se muestra en la figura.

Figura 31: Turbidez.

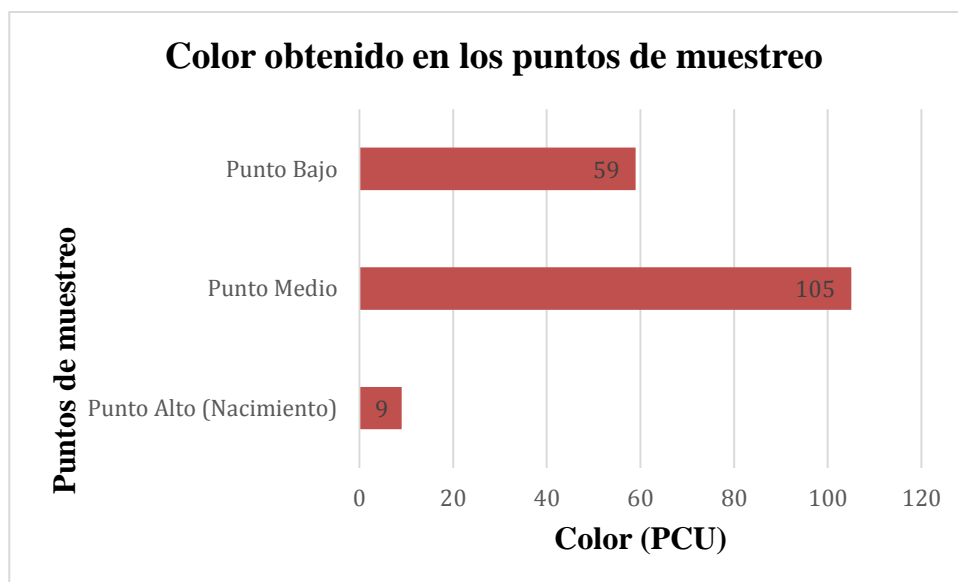


Fuente: Autores

9.11 Color

A medida que avanza el cauce del río aumenta el color, lo que ocurre de forma natural en fuentes superficiales, esto se debe principalmente a las sustancias húmicas y sólidos en suspensión presentes de forma natural. El aumento de color en el segundo punto de muestreo se debe especialmente a la gran cantidad de aguas residuales domésticas en esta zona, ya que, a partir del primer punto de muestreo, en ocasiones se empiezan a detectar aguas residuales directamente al arroyo que reduciendo el grado de transparencia del agua. Este color también afecta la turbidez ya que está relacionado con las heces disueltas de los lagos para patos ubicados frente al área de muestreo 2 y de los cuales parte llega a la microcuenca.

Figura 32: Parámetro de color



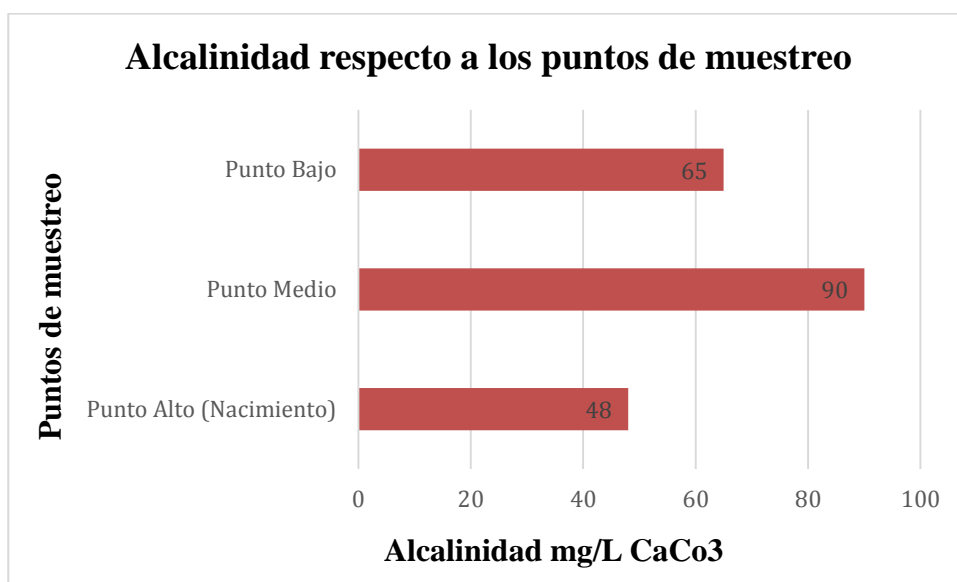
Fuente: Autores

9.12 Alcalinidad

En los tres puntos de muestreo se evidencia un alto contenido de alcalinidad, el consumo de esta agua en los seres humanos no ocasiona efectos secundarios en personas que son aparentemente sanas ya que el agua altamente alcalina ayuda a la protección de microorganismos peligrosos.

Por otra parte, el alto contenido de alcalinidad en la quebrada muestra la alta capacidad que tiene para poder neutralizar el ácido (Cuanto mayor es la alcalinidad, mayor es su capacidad para mantener el pH fijo).

Figura 33: Alcalinidad

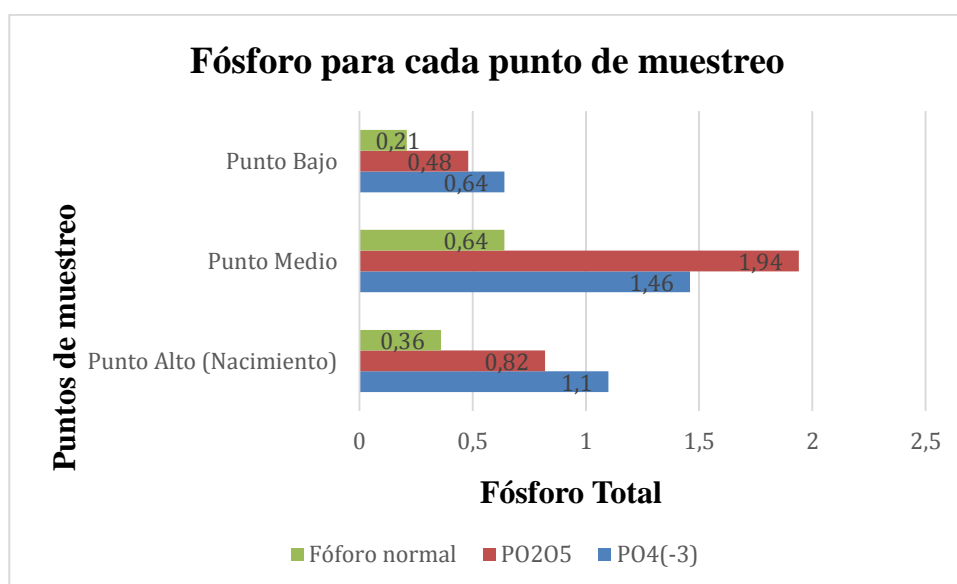


Fuente: Autores

9.13 Fósforo Total

Para este análisis, en los tres puntos de muestreo se obtuvieron resultados de fósforo en tres formas, fósforo como PO_4^{-3} , PO_2O_5 y fósforo normal. El fósforo presente en la microcuenca Quebrada La Adobera se da principalmente por los distintos vertimientos de aguas residuales domésticas, por la escorrentía agrícola en donde utilizan fertilizantes y el tema de los follajes que es la actividad económica que se practica en estas veredas aledañas a la fuente hídrica.

Figura 34: Fósforo Total

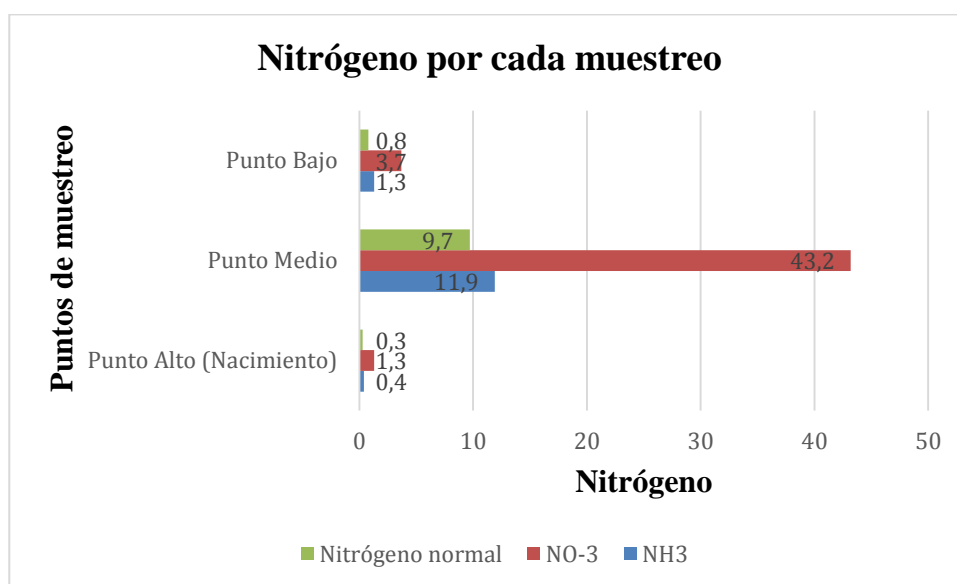


Fuente: Autores

9.14 Nitrógeno Total

En el caso de Colombia, no existe una norma específica para nitrógeno total, pero se explican los valores de compuestos nitrogenados individualmente para: nitrito, nitrato y amoníaco. Por tanto, la normativa establece que la concentración de nitrato debe ser inferior o igual a 10 mg/l y la concentración de amoníaco debe ser inferior o igual a 1 mg/l. De acuerdo con los resultados obtenidos, en la muestra número 1 el amoníaco es de 0,4 mg/l valor que estaría dentro de los límites permisibles, en los puntos de muestreo 2 y 3 se encuentran por encima de los límites permisibles con valores de 11,9 y 1,3 respectivamente. Por otra parte, en cuanto a los nitratos, ocurre lo mismo pues en la muestra 1 y 3 se encuentran valores menores a la norma establecida, excepto en la muestra 2 ya que arroja un valor de 43,2 mg/les decir que para consumo no es apta, pero si la destinación del recurso es pecuaria si se encuentra dentro de los parámetros. Este valor elevado en el punto 2 puede deberse a los fertilizantes que utilizan para los cultivos cercanos a esta fuente hídrica lo cual ocasiona que estos nitratos aumenten, contaminando además de aguas superficiales aguas subterráneas.

Figura 35: Nitrógeno Total

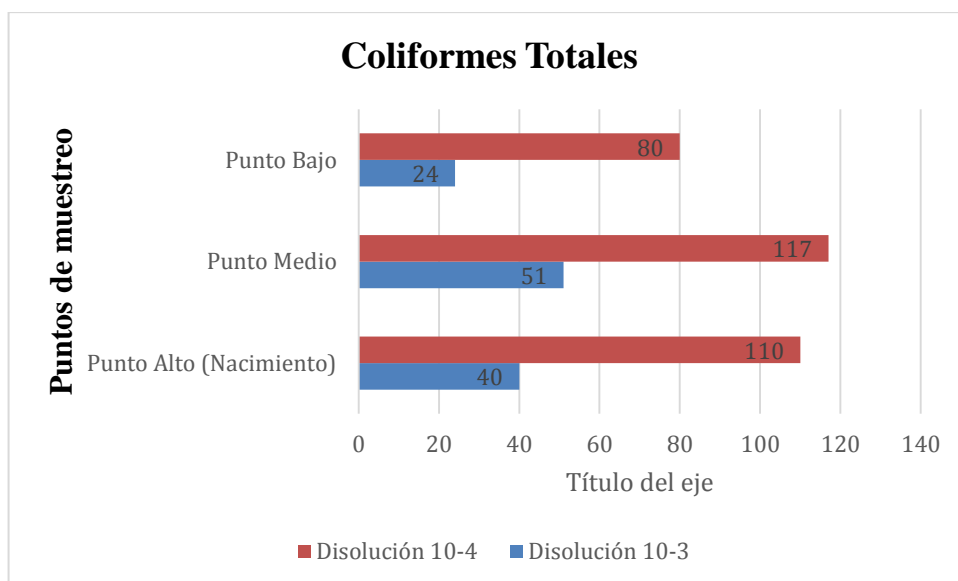


Fuente: Autores

9.15 Coliformes Totales

Los resultados microbiológicos se realizaron sobre dos disoluciones, la primera disolución de 10^{-3} y la segunda disolución a 10^{-4} , esto para cada muestra tomada en los tres puntos establecidos de la quebrada, estos resultados registraron contaminación por coliformes totales, con una mayor incidencia en las estaciones 2 y 3, las cuales presentan niveles significativos de coliformes Totales, para el tema de coliformes fecales no se obtuvo crecimiento y por lo tanto la prueba dio negativa.

Figura 36: Coliformes Totales



Fuente: Autores

ICA aguas superficiales

Por último, se realizó el análisis de Calidad de Agua para fuentes Superficiales obteniendo como resultado por cada punto de muestreo las tablas 30 ,31 y 32 respectivamente, evaluando los cinco parámetros establecido por el IDEAM, para establecer la clasificación de calidad de agua para cada índice evaluado:

Tabla 31: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto 1 (nacimiento) - Zona alta de la quebrada

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Índice Calidad del Agua superficial punto Alto - Nacimiento						
Parámetro	Valor	Unidades	Índice por parámetro	Valor del índice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.700	mgO ₂ /L	IOD	0.356	0.26 - 0.50	Mala
SST	68.100	ppm	ISST	0.816	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	110.000	mgO ₂ /L	IDQO	0.125	0.00 - 0.25	Muy mala
CE	135.500	μS/cm	ICE	0.605	0.51- 0.70	Regular
pH	6.190		IpH	0.657	0.51- 0.70	Regular
Nt	3.000	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	3.600	Fósforo Total				
Nt/Ft	0.833					

Fuente: Autores

Para el índice de OD y conductividad eléctrica se ve influenciado principalmente a las condiciones naturales del lugar, como lo son el arrastre significativo de sedimentos y la capacidad natural del suelo.

Para el índice evaluado del parámetro de pH, clasificado como regular influye principalmente de lo composición geoquímica del suelo en la zona de estudio.

Además, los índices de DQO y la relación NT/Ft presentan una clasificación de calidad de agua muy mala.

Tabla 32: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto
2 Zona media de la quebrada

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Índice Calidad del Agua superficial punto medio						
Parámetro	Valor	Unidades	Índice por parámetro	Valor del índice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.320	mgO ₂ /L	IOD	0.329	0.26 - 0.50	Mala
SST	70.000	ppm	ISST	0.810	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	143.300	mgO ₂ /L	IDQO	0.125	0.00 - 0.25	Muy mala
CE	139.000	μS/cm	ICE	0.591	0.51 - 0.70	Regular
pH	7.030		IpH	1.017	0.71 - 0.90	Aceptable
Nt	97.000	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	3264.000	Fósforo Total				
Nt/Ft	0.030					

Fuente: Autores

En cuanto al punto medio los resultados del ICA más relevantes fueron DQO, relación N/F y Oxígeno Disuelto conductividad eléctrica

El alto contenido de DQO se debe principalmente a la descarga de aguas residuales del municipio. Vemos que es un valor bastante elevado. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua. De manera que puede causar eutrofización y daño en la vida acuática de este cuerpo hídrico. En cuanto a la relación Nt/Ft sus contenidos elevados se deben, pero principalmente a la cantidad de fertilizantes que se usan en los diferentes cultivos de la región café limón alverja, fresas entre otros y el cultivo que más abunda el follaje.

Tabla 33: Índice de Calidad de Agua para fuentes superficiales evaluado en el punto 3 Zona baja de la quebrada.

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Índice Calidad del Agua superficial punto bajo						
Parámetro	Valor	Unidades	Índice por parámetro	Valor del índice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.860	mgO ₂ /L	IOD	0.371	0.26 - 0.50	Mala
SST	69.000	ppm	ISST	0.813	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	186.700	mgO ₂ /L	IDQO	0.125	0.00 - 0.25	Muy mala
CE	137.900	μS/cm	ICE	0.595	0.51- 0.70	Regular
pH	6.690		IpH	0.852	0.71 - 0.90	Aceptable
Nt	8.000	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	2.100	Fósforo Total				
Nt/Ft	3.810					

Fuente: Autores

Al realizar el análisis fisicoquímico en los tres puntos de muestreo se evidencia que a lo largo de su trayectoria presenta un incremento en los índices de O, DQO y la relación de NT/FT, esto indica que la contaminación aguas abajo es alto y se da principalmente a las diferentes actividades antrópicas, los vertimientos domésticos y residuales que realizan los pobladores en la parte alta del municipio y la presencia de varios asentamientos humanos alrededor de la ronda hídrica de la zona de estudio.

10. Conclusiones

- Al realizar el análisis de la calidad del agua de la microcuenca quebrada la Adobera se observa un deterioro a medida que avanza en su recorrido (aguas abajo). De acuerdo con los tres puntos de muestreo establecido se tiene que: el primero tiene condiciones propias de agua de buena calidad, el segundo se evidencia un aumento en el color y la turbidez, esto, debido a la presencia de descargas de origen doméstico y agropecuario y el último punto con valores característicos de aguas superficiales demuestran un mayor deterioro en su calidad relacionado directamente con el incremento de las actividades agrícolas, vertimiento de aguas residuales y domésticas además problemas de contaminación por las distintas actividades antrópicas.
- La quebrada la Adobera es una fuente hídrica que utilizan los pobladores de la vereda El ocaso especialmente para uso de riego en actividades agrícolas y follajes. De acuerdo con la opinión de algunos pobladores de la zona de estudio coinciden en que un número considerable de habitantes cercanos a esta fuente utilizan el agua para consumo sin realizar una correcta potabilización, por otra parte, existe debilidad en las organizaciones y entidades competentes en el municipio lo cual impide que se realice una debida operación y mantenimiento adecuado de las fuentes de agua del mismo, por lo que sería adecuado fortalecer las unidades de gestión de estos sistemas en coordinación con los gobiernos locales, mediante mecanismos de participación en donde se realicen reuniones con los pobladores, con las autoridades locales y las organizaciones municipales.

- Debido al déficit de información respecto a la cartografía relacionada con las fuentes hídricas del municipio, siendo esta de vital importancia para la ejecución del proyecto, se optó por utilizar el sistema de información geográfica ArcGIS para identificar, delimitar y estipular la zona de estudio y cada uno de los tres puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas con el fin de tabular los resultados de cada parámetro identificando cuales de estos puntos presentan alteración. De acuerdo con lo anterior es importante que las alcaldías municipales cuenten con información necesaria y actualizada del municipio de tal manera que no se dificulte encontrar documentos base para la realización de diferentes estudios.

11. Contribuciones

- Este trabajo se llevó a cabo principalmente para optar por el título a ingeniero ambiental, pero también se realizó con la ayuda de la Fundación ETIKAVERDE ubicada en el municipio de Zipacón que se encarga de proteger, cuidar, regular y preservar el ecosistema y el recurso hídrico del municipio, gracias a esta fundación y a la guía del profesor David fue que se optó por realizar este proyecto con el fin de realizar un análisis a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la microcuenca quebrada La Adobera la cual es fuente hídrica de vital importancia para la vereda el Ocaso y san cayetano, esto contribuyendo con datos actualizados sobre la calidad del agua de esta quebrada y estudios donde se evalué el índice de calidad de agua para fuentes superficiales que facilite el conocimiento a la población del lugar sobre el estado actual de la quebrada y posibles recomendaciones tratamientos que se le deban dar a la fuente hídrica.

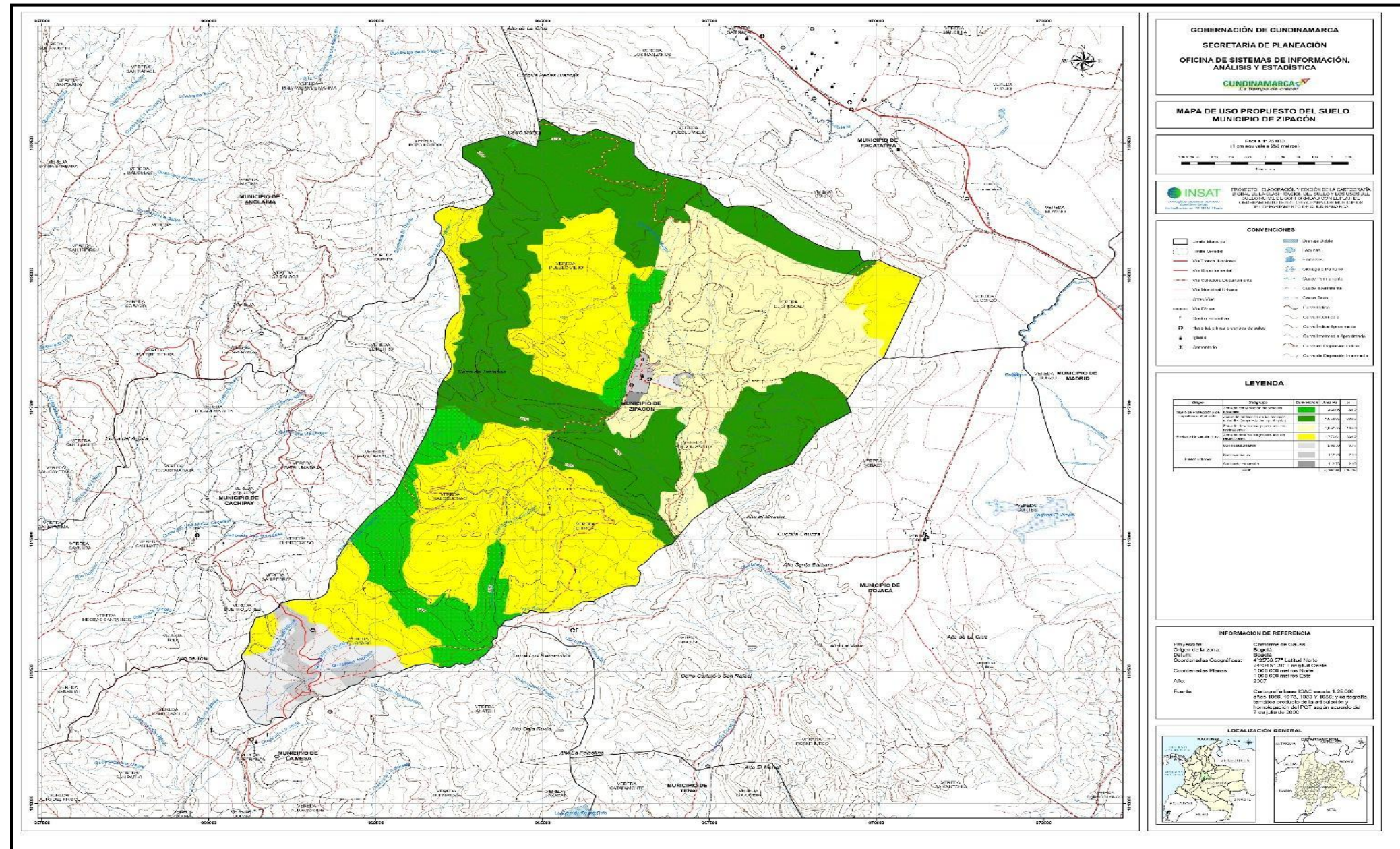
12. Recomendaciones

- Es importante que las alcaldías municipales cuenten con la información necesaria y actualizada del municipio de tal manera que no se dificulte a los pobladores y diferentes ciudadanos encontrar documentos base para la realización de diferentes estudios.
- Establecer canales de comunicación con los pobladores del municipio con el fin de informar las diversas problemáticas de contaminación que se vienen presentando en el municipio en donde principalmente se están afectando sus fuentes hídricas de bastecimiento.

13. Anexos

A continuación, encontrarán algunos de los recursos cartográficos implementados en el trabajo, y el resultado del análisis del índice de calidad de agua para fuentes superficiales según el IDEAM por cada punto de muestreo.

Anexo 1: Mapa de uso propuesto Municipio de Zipacón

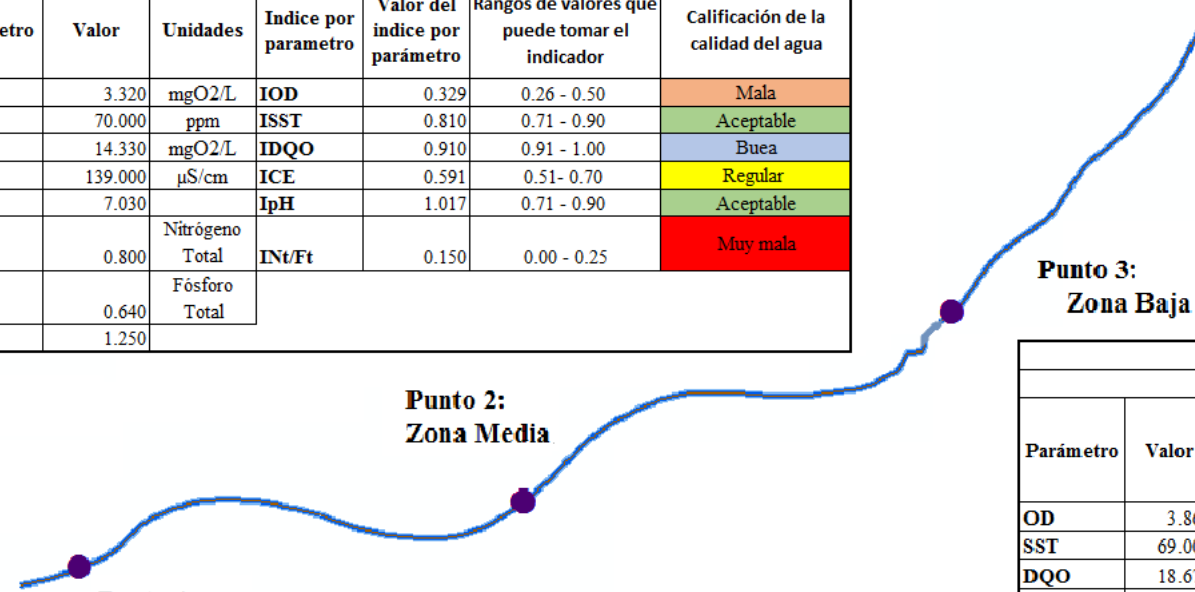


Fuente: INSAT, 2007

Nota. Adaptado de Mapa de uso propuesto del suelo municipio de Zipacón, INSAT, 2007, Cartografía base IGAC escala 1:25.000 años 1969, 1978, 1983 y 1989; y cartografía temática producto de la articulación y homologación del POT según acuerdo del 7 de julio de 2000.

Anexo 2: Puntos de muestreo y su respectivo Análisis ICA para aguas superficiales por cada punto de muestreo.

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Indice Calidad del Agua superficial punto medio						
Parámetro	Valor	Unidades	Indice por parámetro	Valor del indice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.320	mgO2/L	IOD	0.329	0.26 - 0.50	Mala
SST	70.000	ppm	ISST	0.810	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	14.330	mgO2/L	IDQO	0.910	0.91 - 1.00	Buea
CE	139.000	μS/cm	ICE	0.591	0.51- 0.70	Regular
pH	7.030		IpH	1.017	0.71 - 0.90	Aceptable
Nt	0.800	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	0.640	Fósforo Total				
Nt/Ft	1.250					



**Punto 1:
Zona Alta - Nacimiento**

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Indice Calidad del Agua superficial punto Alto - Nacimiento						
Parámetro	Valor	Unidades	Indice por parámetro	Valor del indice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.700	mgO2/L	IOD	0.356	0.26 - 0.50	Mala
SST	68.100	ppm	ISST	0.816	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	11.000	mgO2/L	IDQO	0.910	0.91 - 1.00	Buea
CE	135.500	μS/cm	ICE	0.605	0.51- 0.70	Regular
pH	6.190		IpH	0.657	0.51- 0.70	Regular
Nt	14.600	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	0.360	Fósforo Total				
Nt/Ft	40.556					

**Punto 3:
Zona Baja**

ICA PARA FUENTES SUPERFICIALES						
Indice Calidad del Agua superficial punto bajo						
Parámetro	Valor	Unidades	Indice por parámetro	Valor del indice por parámetro	Rangos de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua
OD	3.860	mgO2/L	IOD	0.371	0.26 - 0.50	Mala
SST	69.000	ppm	ISST	0.813	0.71 - 0.90	Aceptable
DQO	18.670	mgO2/L	IDQO	0.910	0.91 - 1.00	Buea
CE	137.900	μS/cm	ICE	0.595	0.51- 0.70	Regular
pH	6.690		IpH	0.852	0.71 - 0.90	Aceptable
Nt	97.000	Nitrógeno Total	INt/Ft	0.150	0.00 - 0.25	Muy mala
Ft	0.300	Fósforo Total				
Nt/Ft	323.333					

Fuente: Autores

Nota. Puntos de muestreo con su respectivo análisis respecto al Índice de calidad de Agua para fuentes superficiales, este se realizó para cada punto de muestreo y para los seis parámetros que establece el IDEAM como lo son Oxígeno disuelto (OD), Solido Totales Suspendidos (SST), pH, Conductividad Eléctrica (CE), Relación Nitrógeno Total y Fosforo Total (Nt/FT).

14. Referencias

- Horton, R. K. (1965). An index-number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation, 37(3), 300-306. (s. f.).* Recuperado 22 de abril de 2022, de <http://www.sci epub.com/reference/295760>
- Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del ... - Gabriel Roldán Pérez - Google Libros. (s. f.).* Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Potencial de oxidación- reducción ORP(REDOX), para la Bioseguridad. (s. f.).* Recuperado 9 de mayo de 2022, de <https://avinews.com/potencial-redox-de-oxidacion-reduccion-orp-para-la-bioseguridad-de-nuestras-granjas/>
- Dinámica fisicoquímica de las aguas de un sistema de planicies inundables tropicales. (s. f.).* Recuperado 22 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302013000400021
- Innovative Methods for Determining the Microbiological Quality of Drinking Water - ScienceDirect. (s. f.).* Recuperado 22 de abril de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123821829000360?via%3Dihub>
- FICHA TECNICA Sistema de Información del Medio Ambiente. (2011). 0-3.*

Abarca, R. M. (2021). DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BITA, DEPARTAMENTO DEL VICHADA A PARTIR DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN. *Nuevos sistemas de comunicación e información*, 2013-2015.
https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4167/Rojas_Ochoa_Camilo_Andres_2019.pdf?sequence=1#:~:text=Cuenca hidrográfrica%3A Es un territorio,también llamada divisoria de aguas.

Alcaldía municipal de Zipacón. (1997). Esquema de Ordenamiento Territorial de Zipacón. *Icassp*, 21(3), 295-316.

anonimo. (s. f.). *¿Cuál es la importancia de un SIG?* Recuperado 1 de mayo de 2022, de <https://die.mep.go.cr/preguntas-frecuentes/cual-es-la-importancia-de-un-sig>

Assessment, E. I. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, XXII(2), 283-312.

Avda, Ortega, & Gasset. (s. f.). *Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento - ICB Editores - Google Libros*. 2017. Recuperado 22 de abril de 2022, de https://books.google.com.co/books?id=VhUwDwAAQBAJ&pg=PT10&lpg=PT10&dq=el+agua+es+un+recurso+natural+escaso,+cuya+calidad+debe+ser+protegida,+defendida,+gestionada+y+tratada+como&source=bl&ots=vJuxhuqfvt&sig=ACfU3U0MdD3etyycW1P1_eOPxBcWebuug&hl=es&sa=X&ve

Benavides Mora, V., Cristina Tarlé Pissarra, T., & Antonio Galbiatti, J. (2009). Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento de Nariño-Colombia Morphometric characterisation and classification of the Bobo river watershed in the Nariño department, Colombia. *Diciembre De*, 29(3), 97-101.

Brown. (1970). *A-Water-Quality-Index-Do-we-dare-BROWN-R-M-1970.pdf*.

Brown, McClelland, Deininger, & Tozer. (1975). *Enhanced Reader.pdf*.

CAR. (2006). *Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Hidrografiaca Del Rio Bogota*.
104.

Carlos Sierra. (2021). Calidad del agua evaluacion y diagnostico. En *Nuevos sistemas de comunicación e información*.

Cepeda, L. N., & Fernández, Á. T. (2018). *Propuesta para la formulación del plan de gestión del riesgo del municipio de Zipacón (Cundinamarca), siguiendo la metodología propuesta por la UNGRD*.

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1788&context=ing_ambiental_sanitaria

Chapman, D. (2021). Water Quality Assessments : A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. *Water Quality Assessments*.

<https://doi.org/10.1201/9781003062103>

De, M., Anzulón, R., La, P. De, Garay, D. D., Nicolás, J., & Agüero, G. (s. f.). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzuló* De, M., Anzulón, R., La, P. De, Garay, D. D., Nicolás, J., & Agüero, G. (s. f.). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización De*.

Eleonora, M., Castillo, G., Edgar, A. R. Q., & López, A. (2014). *ESTRATÉGIAS DE MANEJO Y DISEÑO PAISAJÍSTICO*. 18.

- Eugenia, N., Ruiz, S., Carvajal, Y., & Carlos, J. (2007). *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators*. 27(3), 172-181.
- FAO. (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. En A. Desenvolvidas & J. Peña (Eds.), *Estudio FAO: Montes*. <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/1w9s.pdf>
- Fernandez, Ramirez, & Solano. (2001). *Indices fisicoquimicos de calidad del agua un estudio comparativo*. 81(3), 211-219.
- Francke. (2002). “ *LA SITUACION DEL MANEJO DE CUENCAS EN CHILE* ” Autor Samuel Francke Campaña Dr . Ingeniero Forestal Jefe Programa Nacional de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Corporación Nacional Forestal Ministerio Agricultura – Chile Santiago de Chile , Ma.
- Frits Hesselink, Wendy Goldstein, P. P. van K., & Dela, T. G. y J. (2007). *La Comunicación, Educación, y Conciencia Pública (CEPA)*. 7.
- Garzón, C. D. S. (2019). *Análisis espacio temporal de los parámetros físicoquímicos de la quebrada las delicias, cerros orientales de Bogotá* (Vol. 45, Número 45).
- IDEAM. (2000). *Estudio nacional del agua*. 1, 253.
- IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018* (M. G. Herrán, N. O. V. Martínez, O. J. Rodríguez, & J. P. M. Salazar (Eds.); Omar Jaram). 2019. http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf

IDEAM. (2018). Evaluación Nacional del Agua 2018. En *Cartilla ENA 2018*.

Izzaty, R. E., Astuti, B., & Cholimah, N. (1967). 濟無No Title No Title No Title.

Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952., 5-24.

León, P., Jaramillo, I., Bermúdez, M., Niño, R., Martínez, C. E., Ruth, B., Gaitán, S., &

María, A. (s. f.). *El agua. capítulo 4*.

LIZARAZO, A. I., & GARCIA, C. C. P. (2012). Universidad Francisco De Paula Santander

Biblioteca Eduardo Cote Lamus. 200.93.148.28, 1-70.

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/898/1/27983.pdf>

Loiselle, S. A., Frost, P. C., Turak, E., & Thornhill, I. (2017). Citizen scientists supporting

environmental research priorities. *Science of the Total Environment*, 598, 937.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.142>

Londoño, O. (2013). Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del

sistema para producir agua desionizada tipo ii, en una industria cosmética. *Universidad*

Militar Nueva Granada, 16.

Lopez, REGUERIN, MARTA, A., CLARET, P., & JAIME, R. P. C. (s. f.). *Edafología: uso y*

protección de suelos. 2019. Recuperado 1 de marzo de 2022, de

<https://books.google.com.co/books?id=7x1fAwAAQBAJ&pg=PA7&dq=los+principales>

+factores+que+provocan+dichas+alteraciones+son+el+uso+y+manejo+de+las+tierras+p

or+parte+del+hombre+con+diferentes+fines,+en+especial+para+desarrollos+agrícolas,+

forestales+y+ganade

- Maciej Serda. (2013). Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. *Uniwersytet śląski*, 343-354.
<https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Martínez Celis, Rivas, P. D. (2011). *Plan Integral de manejo del Itinerario Cultural de la cuenca alta del río Apulo (Zipacón)*.
- Martínez, D., Javier, F., & Nacional, I. G. (2012). *Archivos y Cartotecas . “ Propuesta Metodológica ” CAMACHO ARRANZ , ELENA*.
- MINSA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N ° 031-2010-SA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.
Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, 45.
<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
- Pfaller, S. (2014). Innovative Methods for Determining the Microbiological Quality of Drinking Water. *Comprehensive Water Quality and Purification*, 2, 230-248.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382182-9.00036-0>
- Rachman, T. (2018). ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA, ESTUDIO DE CASO: MICROCUENCAS QUEBRADAS CARBONERA Y QUIJANA EN EL MUNICIPIO DE LA MESA, CUNDINAMARCA. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 10-27.
- Restrepo Klinge, S. (2019). Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrico de la cuenca del río Metica. *Ayay*, 8(5), 55.
- Romero, angeles cruz. (2013). Junio 2013. En *Red Madrileña de Lucha contra la Pobreza y la Exclusión Social EAPN*.

- Samboni, R. N. E., Carvajal, E. Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- SUAREZ, E. P., SUAREZ, E. R., & TORRES, H. A. (2016). *CARACTERIZACION DE LAS MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS QUE COMFORMAN LA CUENCA DEL RIO SURATA EN EL MUNICIPIO DE CALIFORNIA*. (Vol. 4, Número 1).
- Torres Castellanos, N. (2010). *Recuperación y mantenimiento quebrada San Bruno*. 1-55.
- UNOPS. (2011). *Caracterización y diagnóstico de la microcuenca la horca*.
<https://es.slideshare.net/PedroBaca1/caracterizacin-y-diagnostico-de-la-microcuenca-la-horca>
- Yimmy Montoya, M., & Néstor Aguirre, R. (2013). Dinámica fisicoquímica de las aguas de un sistema de planicies inundables tropicales. *Revista Facultad de Ingeniería*, 69, 256-273.