

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
QUEBRADA CUCHICUTE UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL Y
CURITÍ**

SONIA PATRICIA RIOS GALVIS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2004**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
QUEBRADA CUCHICUTE UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL Y
CURITÍ**

SONIA PATRICIA RIOS GALVIS

**Trabajo de grado para optar el título de
Especialización en Química Ambiental**

**Director
Profesor: JAIRO PUENTE BRUGES
Coordinador Especialización en Química Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2004**

DEDICATORIA

A DIOS, por ser mi luz espiritual y mi guía.

A MIS PADRES Y HERMANOS porque gracias a su trabajo, apoyo y su gran amor he alcanzado uno de los propósitos de mi vida.

A MI ESPOSO Y A MI BEBE por su apoyo incondicional y por ser las fuentes de inspiración.

PATRICIA.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al profesor JAIRO PUENTE BRUGES. Director del trabajo de grado por su valiosa orientación y colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

A la Empresa ANDINA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A. E.S.P por su colaboración y apoyo financiero.

A la Universidad Industrial de Santander.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÒN	21
1. MARCO TEORICO	23
1.1. EL AGUA	23
1.2. MICROCUENCA QUEBRADA CUCHICUTE	25
1.3. CALIDAD DEL AGUA	26
1.3.1. Parámetros de la calidad del agua	27
1.3.1.1. Turbiedad	28
1.3.1.2. Color	29
1.3.1.3. Hierro Total	30
1.3.1.4. Sólidos Totales	31
1.3.1.5. pH	32
1.3.1.6. Conductividad Eléctrica	33
1.3.1.7. Alcalinidad Total	34

1.3.1.8. Cloruros	35
1.3.1.9. Dureza	36
1.3.1.10. Calcio	37
1.3.1.11. Magnesio	38
1.3.1.12. Características Microbiológicas	38
1.4. NORMAS DE CALIDAD	40
2. METODOLOGÍA	42
2.1. GEOREFERENCIACIÓN	42
2.2. MEDICIÓN DE CAUDAL	42
2.3. PRUEBAS IN SITU	43
2.3.1. Determinación de pH	43
2.3.2. Determinación de conductividad	44
2.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO	44
2.4.1. Toma, almacenamiento y transporte de muestras de agua	44
2.4.2. Características Físico Químicas	45

2.4.2.1. Turbiedad	45
2.4.2.2. Color	46
2.4.2.3. Hierro Total	47
2.4.2.4. Sólidos Totales	49
2.4.2.5. Alcalinidad Total	50
2.4.2.6. Cloruros	51
2.4.2.7. Dureza Total	51
2.4.2.8. Dureza Cálcica	53
2.4.2.9. Dureza Magnésica	53
2.4.2.10. Calcio	54
2.4.2.11. Magnesio	54
2.4.3. Características Microbiológicas	54
3. RESULTADOS	55
3.1. GEOREFERENCIACIÓN	55
3.2. MEDICIÓN DE CAUDAL	57

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS	58
4. DISCUSIÓN	76
5. CONCLUSIONES	84
6. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFIA	86
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1	Georeferenciación de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute	56
Tabla 2	Caudales de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute	57
Tabla 3	Características Físico Químicas y Microbiológicas de los nueve puntos monitoreados sobre la Quebrada Cuchicute comparados con los límites admisibles del Decreto 475/98	59
Tabla 4	Cloruros evaluados sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84	70
Tabla 5	Turbiedad evaluada sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparada con el Decreto 1594/84	70
Tabla 6	Color evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84	71

Tabla 7	pH evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84	72
Tabla 8	Hierro evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84	73
Tabla 9	Coliformes totales evaluados sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84	74
Tabla 10	Coliformes fecales evaluados sobre los nueve puntos Monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84	75

LISTA DE FIGURAS

		pág
Figura 1	Caudales obtenidos en cada uno de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute	57
Figura 2	Resultados de turbiedad sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	60
Figura 3	Resultados de color sobre los nueve puntos Monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	61
Figura 4	Resultados de hierro total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	61
Figura 5	Resultados de sólidos totales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	62
Figura 6	Resultados de pH sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el	

	Decreto 475/98	63
Figura 7	Resultados de conductividad sobre los nueve puntos Monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	64
Figura 8	Resultados de alcalinidad total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	64
Figura 9	Resultados de cloruros sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	65
Figura 10	Resultados de la dureza total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	65
Figura 11	Resultados de la dureza cálcica sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	66
Figura 12	Resultados de la dureza magnésica sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute	

	comparados con el Decreto 475/98	66
Figura 13	Resultados de calcio sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	67
Figura 14	Resultados de magnesio sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	67
Figura 15	Resultados de coliformes totales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	68
Figura 16	Resultados de coniformes fecales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	68
Figura 17	Resultados de mesófilos sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98	69

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo 1. Mapa hidrográfico de los municipios de San Gil y Curití	88
Anexo 2. Microcuenca Quebrada Cuchicute.	89

GLOSARIO

AFLUENTE: corriente que forma cuencas fluviales.

AGUA SUBTERRÁNEA: agua que se filtra en el terreno pudiendo aflorar en forma de manantiales. Se puede captar por medio de galerías filtrantes, pozos poco profundos y pozos profundos.

AGUA SUPERFICIAL: aquella que se encuentra en el seno de los ríos, lagos, lagunas o las de una cuenca de embalses, presas, etc.

CAUDAL: Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

COAGULANTE: químico utilizado en el proceso de coagulación en tratamiento de aguas, que se encarga de desestabilizar las partículas coloidales presentes.

DESINFECTANTE: agente que mata los microorganismos, pero que puede ser perjudicial para los tejidos humanos.

EFLUENTE: masa de agua producto de las actividades naturales y antropogénicas.

ESCORRENTÍA: parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: todo recurso de agua utilizado en un sistema de suministro de agua.

GEOREFERENCIACIÓN: proceso que consiste en la ubicación de un punto cualquiera dentro de un plano de coordenadas y elevaciones.

MESÓFILO: organismo que vive en los límites de temperatura próxima a la de los animales de sangre caliente.

METEORIZACIÓN: alteración química de la roca fuente por acción del agua y del oxígeno del aire.

MICROCUENCA: compuesta por un conjunto de quebradas o arroyos pequeños que cubren extensiones más pequeñas que la principal y pertenecen al mismo desagüe.

MUESTRA PUNTUAL: muestras tomadas en un punto o lugar en un momento determinado.

PRUEBA IN SITU: pruebas de calidad las cuales son realizadas directamente en el sitio de interés.

TORRE DE AIREACIÓN: estructura que forma parte del proceso de eliminación de hierro y color en tratamiento de aguas, cuyo principio es la caída de agua por niveles en lechos como por ejemplo de carbón activado.

VALOR ADMISIBLE: valores establecidos para la concentración de un componente o sustancia.

UNIDADES DE FILTRACIÓN: estructuras utilizadas en el tratamiento de aguas que contienen un medio poroso de material granular por el cual pasa el agua con el fin de retener las partículas de turbidez presentes.

Título: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA CUCHICUTE UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL Y CURITÍ.*

Autor: SONIA PATRICIA RIOS GALVIS **

Palabras claves: Quebrada Cuchicute, caracterización, físico química, microbiológica.

RESUMEN:

Se tomaron nueve muestras a lo largo de la Quebrada Cuchicute en época de verano teniendo en cuenta los afluentes que convergen a dicha corriente, las bocatomas de los acueductos y el sitio donde desemboca la Quebrada Cuchicute. En cada uno de los sitios seleccionados se realizó: georeferenciación, medición del caudal, pruebas in situ y toma de muestras puntuales de agua para efectuar análisis físico químico y microbiológico.

Los resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos se compararon con el Decreto 475/1998, el cual determina de acuerdo a los resultados físico químicos y microbiológicos si el agua es o no apta para consumo humano; pues la población asentada en esta microcuenca la utiliza principalmente para este fin. Además se tuvo en cuenta el Decreto 1594/1984 con el fin de establecer el uso que se le puede dar a este recurso hídrico.

Los resultados de las características físico químicas y microbiológicas comparadas con el Decreto 475/1998 mostraron que todas las muestras cumplen con los límites físico químicos exigidos, excepto las muestras tomadas en los puntos 6 y 9; mientras que para todas las muestras los resultados de las características microbiológicas se encuentran fuera de los límites admisibles; por lo tanto se considera que el agua no es apta para consumo humano. Al comparar los resultados de las características físico químicas (cloruros, color, turbiedad, hierro y pH) con el Decreto 1594/1984 se observó que todas las muestras cumplen con los límites exigidos de acuerdo al uso, mientras que en el caso de las características microbiológicas (coliformes totales y fecales) todas las muestras analizadas cumplen con los límites establecidos solamente para que el agua pueda ser utilizada como recurso humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de tratamiento convencional.

* Trabajo de grado

** Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental. Jairo Puente Bruges

Title: Physical, chemical and microbiological characterization of the Cuchicute stream localized in San Gil and Curití towns.*

Author: SONIA PATRICIA RIOS GALVIS **

Key words: Cuchicute stream, characterization, physical-chemical, microbiological.

Summary:

We have taken nine samples from the waterside of the Cuchicute stream during summer time, taking into account the different water sources that converge into this small river, the entrance of water supply for the aqueducts and the place where it lands. In each of those places we have done: a geological reference, a measure of the flow of water, a test in situ and punctual collection of water samples for being analyzed physically chemically and microbiologically.

The results of the physical – chemical and microbiological parameters were compared with the decree 475/1998 that determines, according to the physical – chemical and microbiological results, if the water is suitable for human consumption, due to the fact that the population inhabiting near to the micro-basin use the water with this purpose. In addition, we have taken into account the decree 1594/1984 in order to be able to settle the usage that we could assign to this hydraulic source.

The results of the physical - chemical and microbiological characteristics compared with the decree 475/1998 showed that all the samples carry out with the physical - chemical required limits except the samples taken in the points 6 and 9; on the other side, for all the samples the results of microbiological characteristics exceed the acceptable limits, for that reason it is considered that the water is not suitable for human consumption. When comparing the results of the physical – chemical characteristics (chlorides, color, turbidness, iron and pH) with the decree 1594/1984 it was observed that all the samples carry out with the established limits according to the usage, on the other hand in the case of the microbiological characteristics (total and faecal coliforms) all the analysed samples carry out with the established limits only for human and domestic usage; to make the water drinkable it requires a conventional treatment.

* Final studies work report

** Chemical School. Environmental Chemistry Specialization. Jairo Puente Bruges

INTRODUCCION

El agua no es completamente pura, contiene impurezas que son constituyentes de origen natural o con frecuencia contaminantes de origen antropogénico. Se estima que el volumen total de agua contenido en la hidrósfera es de 1.386 kilómetros cúbicos. De este volumen, el 96.5% se encuentra en los océanos como agua salada y el 3.5% restante, como agua dulce proveniente del continente. De este último porcentaje el 69% se encuentra en forma sólida en los glaciares y el 30% como agua subterránea, quedando sólo el 1% que conforma los ríos y los cuerpos de agua, siendo este porcentaje el que se encuentra disponible para las necesidades corporales del hombre, por tal razón este debe ser muy cuidadoso con su uso.

En Colombia, donde las condiciones climáticas, hidrológicas y topográficas garantizan en la mayoría del territorio una buena oferta de agua y una densa red hidrográfica, no hay ordenamiento para el uso de los recursos hídricos. Lo anterior determina que aprovechamientos del recurso para los acueductos urbanos y rurales, que se abastecen en general (más del 80%) de ríos pequeños, quebradas y arroyos cercanos, no cuentan en su mayoría con programas de conservación de cuencas, sistemas de regulación, almacenamiento, transporte y tratamiento, ni con previsiones económicas para realizarlas.

La destinación de un agua para un uso determinado, depende de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Por tal razón en este trabajo se realizó la caracterización físico, química y microbiológica a lo largo de la quebrada Cuchicute que es fuente principal de muchos acueductos de la población asentada en esta microcuenca y además es una de las principales fuentes de abastecimiento del acueducto del municipio de San Gil. Este trabajo se realizó con el fin de determinar, de acuerdo a los resultados físico químicos y microbiológicos obtenidos, cuál sería el tratamiento que se le debe dar al agua con el fin de que sea apta para consumo humano y a su vez recomendar a los usuarios de esta fuente cual sería la destinación más adecuada del recurso hídrico.

1. MARCO TEORICO

1.1. EL AGUA

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural.

Según el Centro Nacional del agua, se afirma que:

En las últimas décadas se ha afirmado que la vida en nuestro planeta comenzó en el agua de los océanos, hace muchos millones de años, a partir de formas muy simples y pequeñas, las cuales fueron evolucionando hacia criaturas más especializadas, que después de mucho tiempo poblaron el planeta.

Una de esas criaturas es el ser humano; desde que existe se usó el agua en muchas formas: Como medio de transporte, para cocinar sus alimentos, en la agricultura, en la industria, en la recreación, para su

baño corporal, para generar energía, etc., pues es indispensable para su existencia y salud¹.

La cantidad de agua disponible disminuye día a día, debido a problemas de contaminación y a la baja de los caudales, como consecuencia de la acelerada deforestación y otros factores.

Se puede generar contaminación del agua por medios naturales o por actividades humanas. Según el Centro Nacional del agua, se dice: “La contaminación natural del agua se presenta en su recorrido por el ciclo hidrológico, pues el agua va disolviendo y arrastrando materiales que encuentra a su paso, produciendo erosión e identificándose con las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de los suelos que recorre por escurrimiento o percolación”². La contaminación antropogénica o por actividades humanas se ve representada generalmente en los residuos domésticos ya sean líquidos o sólidos, las heces fecales y restos de animales.

Conociendo estos problemas que se generan en las corrientes de agua, la población sigue alterando las características físicas, químicas y bacteriológicas de

¹ CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fé de Bogotá D.C.:CENAGUA, 2001. p.1.

² Ibid., p.4.

las fuentes que ellos utilizan; sin prever que con esto pueden estar causando graves daños a su salud y al desarrollo de sus actividades económicas.

1.2. MICROCUENCA QUEBRADA CUCHICUTE

La microcuenca de la Quebrada Cuchicute se encuentra ubicada en los municipios de San Gil y Curití³. Esta microcuenca es formada por las quebradas Alejandría y Golondrina que a su vez están compuestas por otras pequeñas quebradas y arroyos innominados. La microcuenca de la Quebrada Cuchicute nace en las coordenadas norte: 1.218.037,359 y este: 1.112.990,357 en el municipio de Curití, (ver anexos 1,2) sus aguas discurren hasta desembocar a la Quebrada Curití y por último al Río Fonce en el municipio de San Gil. En su recorrido drenan otras pequeñas quebradas y arroyos.

De la corriente Cuchicute se benefician en la actualidad diferentes acueductos veredales como: acueducto Vereda Bejaranas, acueducto Vereda El Tabor, acueducto Vereda Cuchicute y parcelación Casa Grande como también el Centro de Investigación Peña Flor y en especial es fuente abastecedora del acueducto del municipio de San Gil.

³ ALCALDIA MUNICIPAL. Plan básico de ordenamiento territorial. San Gil. 2003 p. 120.

Los acueductos veredales antes mencionados, no cuentan con sistemas de tratamiento, solamente existen sistemas de almacenamiento y transporte, lo que implica que no hay suficiente ordenamiento para el buen uso de este recurso hídrico.

Los usos que generalmente los beneficiarios de esta fuente le dan son: consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, avícola y abrevadero de ganado.

1.3. CALIDAD DEL AGUA

García, Sánchez y Marín afirman que:

La calidad del agua está definida por sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicos. Éstos implican contacto y disolución de los componentes minerales de las rocas sobre las cuales el agua actúa como agente meteorizante, en sus diferentes estados de agregación -sólido, líquido y gaseoso-, además de intervenir como disolvente de los gases presentes en la atmósfera. La calidad del agua natural y su variación espaciotemporal se modifica por el influjo de las múltiples actividades socioeconómicas, de acuerdo con las características propias de estas dinámicas.

Comúnmente la calidad del agua se expresa en términos de cantidades mensurables y relacionadas con su uso potencial.⁴

1.3.1. Parámetros de la calidad del agua. La selección de parámetros o variables para evaluar la calidad de agua depende básicamente de los objetivos relacionados con su uso. La selección apropiada de los parámetros permite alcanzar las metas de eficiencia en los procesos de mejoramiento de la calidad del agua.

Los criterios de calidad del agua se establecen científicamente de acuerdo con los factores de intensidad, estos criterios forman la base para juzgar, con respecto a la compatibilidad de la composición del agua, los objetivos ecológicos o los requeridos para un determinado uso.

Existe un buen número de parámetros ambientales que se usan como indicadores de calidad, entre otros: turbiedad, color, hierro total, sólidos totales, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza total, calcio, magnesio, coliformes totales, coliformes fecales y mesófilos.

⁴ GARCIA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.151.

A continuación se dará una breve descripción del significado ambiental de cada parámetro.

1.3.1.1. Turbiedad. Según García, Sánchez y Marín, se dice que:

La turbiedad está definida, en términos generales, como una mezcla que oscurece o disminuye la claridad natural o transparencia del agua. En términos más técnicos, como una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz se disperse y absorba, en lugar de transmitirse en línea recta a través del agua. Es producida por materias en suspensión como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. Tales partículas varían en tamaño desde 0.1 hasta 1000 nm (nanómetros) de diámetro. Los resultados de la turbiedad se obtienen a partir de la dispersión y absorción de la luz incidente sobre las partículas y están controlados por el tipo y concentración de la materia suspendida.

La turbiedad de un cuerpo o corriente de agua natural es un factor decisivo para establecer la calidad y productividad de estos sistemas. La mayoría de las aguas superficiales tienen una turbiedad importante y, aunque a veces no limita la posibilidad de uso del agua para consumo

humano, si lo hace sobre la calidad química y bacteriológica. Las partículas en suspensión pueden ocasionar sabores y olores desagradables.

La turbiedad puede variar con la época del año, la actividad biológica y el transporte de partículas de suelos por escorrentía y/o proceso de erosión. La lluvia intensa provoca variaciones horarias de turbiedad. La turbiedad puede relacionarse indirectamente con la cantidad de sólidos suspendidos totales.⁵

La turbiedad se mide en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

1.3.1.2. Color. De acuerdo a García, Sánchez y Marín:

El color y la turbiedad del agua determinan la profundidad a la cual la luz es transmitida y controlan la cantidad de productividad primaria posible, al controlar la tasa de fotosíntesis de las algas presentes. El color visible del agua es el resultado de diferentes longitudes de onda de la luz no absorbidas por el agua y que tienen que ver con las sustancias particuladas presentes. Es posible medir tanto el color aparente como el verdadero: las aguas contienen sustancias minerales naturales, como minerales de hierro, y sustancias orgánicas, como el ácido húmico que le

⁵ Ibid., p. 163.

confieren el color verdadero al agua; el color verdadero sólo puede ser medido en muestras después de filtración o centrifugación.

El color aparente es causado por partículas coloreadas y la refracción y reflexión de la luz sobre las partículas suspendidas. Las aguas contaminadas pueden tener un color aparente intenso.

Diferentes especies de fito y zooplancton pueden producir un color aparente: un color oscuro o azul verdoso puede ser causado por algas verdes-azules, un color amarillo pardo por las diatomeas o dinoflagelados, y los rojos u púrpura pueden ser debidos a la presencia de zooplancton, como *Daphnia sp.*, o copépodos.

Las unidades se denominan platino cobalto (UPC) y están basadas en una concentración de 1 mg Pt/L; las aguas naturales poseen valores desde menores de 5 UPC hasta 300 UPC.⁶

1.3.1.3. Hierro Total. Según el Centro Nacional del Agua:

La presencia de hierro en el agua es objetable no desde el punto de vista fisiológico; sino en términos generales, desde el punto estético, de sabor

⁶ Ibid., p.163.

y aún de olor. Al oxidarse el hierro deja sobre la ropa blanca y sobre los artefactos de porcelana esa mancha típica amarilla rojiza desagradable y difícil de remover. También le imparte al agua el color característico que resulta desagradable para ser usada en fines domésticos generales, incluyendo consumo humano.

En las aguas crudas la determinación de hierro ferroso y/o el hierro total se hace con el fin de determinar la clase de tratamiento que debe hacérsela al agua. En las aguas tratadas para comprobar la eficacia del tratamiento. El hierro se expresa en mg de Fe /L. ⁷

1.3.1.4. Sólidos Totales. De acuerdo a García, Sánchez y Marín se afirma que: “El término de sólidos se usa ampliamente para la mayoría de los compuestos que están presentes en las aguas naturales y que permanecen en estado sólido después de la evaporación (algunos compuestos orgánicos permanecen en estado líquido después de que el agua ha sido evaporada)”⁸.

⁷ CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fé de Bogotá D.C.: CENAGUA, 2001. p.10.

⁸ GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.162.

⁹ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.107.

Además, Amaya, García y Ríos dicen que: “El contenido de sólidos en el agua puede afectar su calidad, modificando aspectos tales como el sabor, color, olor, dureza, turbiedad, etc”⁹.

Los sólidos totales se expresan en mg/L.

1.3.1.5. pH. Según García, Sánchez y Marín:

El pH (potencial de hidrógeno), está definido como un valor numérico u operador adimensional que se relaciona con el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno a una temperatura dada, indica La intensidad del carácter ácido (acidez) o básico (alcalinidad) del agua y puede variar entre 0 y 14, donde 0 es el valor más ácido, 7 el neutro y 14 e más básico, controlado por los compuestos químicos disueltos.

Las aguas naturales usualmente tienen un pH entre 6.5 y 8.5, y depende de la geoquímica de los suelos, de las aguas de lavado y de la dinámica física y química del bióxido de carbono, el ácido carbónico, carbonatos y bicarbonatos, iones que siempre están presentes en las aguas naturales, así como también los ácidos húmicos y fúlvicos.

Salvo en el caso de vertimientos industriales particulares o de condiciones geológicas particulares (presencia de suelos y rocas de

carácter ácido), es poco usual que el agua superficial presente un pH lejano a este intervalo, gracias a su capacidad tampón junto con las sustancias enumeradas.¹⁰

1.3.1.6. Conductividad Eléctrica. La conductividad eléctrica, que es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica, depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, concentración relativa y temperatura de medición.

La conductividad se expresa en microsiemens/cm (mS/cm) e indica el contenido de sales disueltas o de minerales en el agua (mineralización).

Los intervalos de conductividad eléctrica de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 mS/cm, pero pueden exceder los 1000 mS/cm, especialmente en aguas superficiales que reciben una gran cantidad de aguas residuales contaminadas. La conductividad está relacionada con las zonas de contaminación alrededor de la descarga de un afluente y su seguimiento puede ser utilizado para estimar la extensión de la influencia del mismo; los valores asumidos por esta variable determinan el uso potencial del agua, debido a que el efecto de las actividades domésticas e industriales modifican los valores naturales de la conductividad.

¹⁰ GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.160.

1.3.1.7. Alcalinidad Total. Según Amaya, García y Rios: “Se define como alcalinidad total del agua, a su capacidad para neutralizar ácidos y comprende todas las bases titulables. Los valores determinados para la alcalinidad total, pueden variar con el pH utilizado como punto final en el proceso analítico”¹¹.

Además de acuerdo a la afirmación del Centro Nacional del Agua:

En aguas naturales se debe principalmente a la disolución de rocas calizas que aportan hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio, hierro y otros.

Cuando hay gran cantidad de hidróxidos y carbonatos, el pH es igual o mayor de 8.3 y cuando hay más cantidad de bicarbonatos que hidróxidos y carbonatos, el pH del agua se encuentra entre 4.5 y 8.3. El agua con alcalinidad muy alta tiende a tener mal sabor, aspecto turbio y se pueden presentar problemas por formación de incrustaciones blanco amarillentas en las tuberías y canales de conducción. Sobre la salud no tiene ningún efecto adverso.

Desde el punto de vista del tratamiento de aguas, este parámetro es muy importante, porque es indispensable que exista cierto grado de alcalinidad en el agua para el tratamiento con coagulante.

¹¹ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.37.

En el agua tratada, el ajuste del pH a 6.5 ó 7.0 se logra por la adición de agentes alcalinizantes como cal o carbonato de sodio. La alcalinidad se expresa en mg CaCO₃/L.¹²

1.3.1.8. Cloruros. Según García, Sánchez y Marín:

La mayor parte del cloro se presenta como cloruro (Cl⁻) en solución. Este componente entra a las aguas superficiales por medio de la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos, a partir de la meteorización de las rocas sedimentarias (la mayor parte de ellas son depósitos de sal) y de los efluentes industriales y aguas domésticas, así como por escorrentía de las zonas agrícolas. Concentraciones elevadas de cloruros hacen en las aguas inservibles para el uso doméstico.

En las aguas superficiales la concentración de cloruros es generalmente más baja de 10 mg/L y en algunas ocasiones, menor de 2 mg/L. Concentraciones más elevadas pueden encontrarse a la salida de las aguas domésticas, en las zonas de drenaje y en las áreas costeras. Las fluctuaciones estacionales de los cloruros en las aguas superficiales están asociadas a las épocas en las que se requiere su conservación a partir de la aplicación de sales, especialmente en invierno. Como los cloruros están frecuentemente asociados con las aguas domésticas, su

¹² CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fé de Bogotá D.C.: CENAGUA, 2001. p.8 - 9.

incorporación es un indicador de posible contaminación por aguas negras.

Los cloruros se expresan en mg Cl⁻/L¹³.

1.3.1.9. Dureza. Se entiende como dureza de las aguas naturales el contenido total de las sales disueltas de calcio y magnesio; se divide en dureza carbonácea, determinada a través de la evaluación de las concentraciones de los bicarbonatos de calcio y magnesio, provenientes de ácidos fuertes. Los bicarbonatos se transforman durante la ebullición del agua en carbonatos, los cuales a su vez se precipitan, razón por la cual la dureza del carbonato se conoce como temporal o remisible, mientras que la dureza remanente después de la ebullición se denomina constante.

La dureza puede variar en un intervalo amplio de valores. La dureza debida al calcio es la que prevalece, con valores por encima del 70%, aunque en algunos casos la del magnesio puede alcanzar valores comprendidos entre 50 y 60%. La dureza de las aguas subterráneas es menos variable.

La dureza general se determina por titulación complejométrica, empleando diferentes indicadores para establecer la dureza general o la debida al calcio; la dureza debida al magnesio se calcula a partir de la diferencia entre las dos

¹³ GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.165.

determinaciones. La dureza puede ser determinada a partir de la suma de los iones divalentes, analizados individualmente por otros métodos.

1.3.1.10. Calcio. De acuerdo a García, Sánchez y Marín:

El calcio está presente en todas las aguas como Ca^{+2} y se disuelve fácilmente a partir de las rocas y minerales que lo contienen, especialmente calizas y yeso; el primero como carbonato y el segundo como sulfato. El calcio es abundante en las aguas superficiales y subterráneas. Las aguas industriales y las procedentes de tratamientos de aguas contribuyen al incremento de calcio en las aguas superficiales. La lluvia ácida puede incrementar el lixiviado de calcio a partir de los suelos. Los compuestos de calcio son estables en agua cuando el dióxido de carbono está presente, pero su concentración puede caer cuando el carbonato de calcio se precipita debido al incremento de la temperatura del agua, la actividad fotosintética o por la pérdida de dióxido de carbono causada por el incremento de la presión. El calcio es un elemento esencial para todos los organismos y se incorpora en los exoesqueletos de muchos invertebrados acuáticos y en los huesos de los vertebrados.

Las concentraciones de calcio en las aguas naturales son típicamente menores a 15 mg/L, aunque para aguas asociadas con rocas ricas en carbonato, las concentraciones pueden estar entre 30 y 100 mg/L.

Las aguas salobres tienen concentraciones de varios cientos de miligramos por litro o más.¹⁴

1.3.1.11. Magnesio. Según García, Sánchez y Marín:

El magnesio se encuentra en las aguas naturales como Mg^{+2} y procede principalmente de la meteorización de las rocas que contienen minerales de ferromagnesio y de las rocas que contienen carbonatos. El magnesio también se presenta como un compuesto organometálico, puesto que es un elemento esencial para los organismos vivos.

La concentración natural de magnesio en las aguas puede llegar a más de 100 mg/L, dependiendo del tipo de roca. Aunque el magnesio se usa en muchos procesos industriales, estos contribuyen relativamente poco al contenido total del magnesio en las aguas superficiales.¹⁵

1.3.1.12. Características Microbiológicas. De acuerdo al centro nacional del Agua:

¹⁴ Ibid., p. 164-165.

¹⁵ Ibid., p. 165.

En todas las fuentes naturales de agua superficial habitan macro y microorganismos: peces, batracios, moluscos, protozoarios, bacterias y otros. Además plantas acuáticas de diferentes tamaños como jacintos, algas, lotos y otras.

Pero la presencia animal es indispensable, pues hace que las aguas naturales conserven buenas características y sean confiables. Sin embargo, también pueden estar presentes algunos microorganismos patógenos, es decir, microorganismos que producen enfermedades en el hombre como algunos tipos de bacterias y virus, producto de la contaminación con heces fecales de personas o de animales enfermos. El tifo, el cólera, la amibiasis y la hepatitis son algunas de esas enfermedades.

En el análisis bacteriológico de las aguas no se buscan directamente las bacterias o virus patógenos, sino algunas bacterias indicadoras de contaminación por heces fecales y que sin ser patógenas residen en el intestino del hombre y de los animales. Estas son las bacterias coliformes que residen en el intestino humano (viven en el colon, o sea en el intestino grueso).¹⁶

¹⁶ CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fé de Bogotá D.C.: CENAGUA, 2001. p.14.

Además, Romero afirma que:

El Grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35°C o 37°C.

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la secreción diaria por habitante varía entre $125 \cdot 10^9$ y $400 \cdot 10^9$. Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de $10^6/L$.

Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo.¹⁷

1.4. NORMAS DE CALIDAD

Los criterios de calidad de agua, los estándares y la legislación se usa como los

¹⁷ ROMERO ROJAS, Jairo. Acuíquímica. Santa Fé de Bogotá: Departamento de publicaciones Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. p.135.

principales medios administrativos para la gestión de la calidad del agua para cumplir con los requisitos del usuario.

Los estándares son reglas, principios o niveles de tolerancia establecidos por las autoridades ambientales, como parte de los programas de conservación de la calidad del recurso hídrico para propósitos específicos.

El proceso de fijar estos criterios se desarrolla a través de experimentos científicos. Un criterio de calidad del agua puede estar basado en la morbilidad o toxicidad crónica de varias sustancias para el hombre o la vida acuática, o también puede estar relacionado con los métodos técnicos para remover sustancias específicas del agua.

Por lo tanto en el presente trabajo que tiene como finalidad la evaluación físico química y microbiológica de la quebrada Cuchicute; la normatividad que se tendrá en cuenta es el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998, el cual determina de acuerdo a los resultados físico químicos y microbiológicos si el agua es o no apta para consumo humano; pues como ya se mencionó anteriormente, la población asentada en esta microcuenca la utiliza principalmente para consumo humano. Además otro de los decretos es el 1594 del 26 de junio de 1984, que nos permite establecer el uso que se le puede dar a este recurso hídrico.

2. METODOLOGÍA

Con referencia al trabajo experimental, se seleccionaron nueve puntos ubicados a lo largo de la quebrada Cuchicute teniendo en cuenta los afluentes que convergen a dicha corriente, las bocatomas de los acueductos y el sitio donde desemboca la quebrada Cuchicute. Estos puntos se ubicaron en el mapa hidrográfico de los municipios de San Gil y Curití. En cada uno de los sitios seleccionados se realizó georeferenciación, medición de caudal, pruebas in situ y se realizó toma de muestras puntuales para análisis de laboratorio en época de verano.

2.1. GEOREFERENCIACIÓN

Para la georeferenciación del sitio se utilizó un GPS, marca TRIMBLE, software pathfinder office.

2.2. MEDICIÓN DE CAUDAL

Para la medición del caudal se utilizaron dos métodos: el método volumétrico y el método de velocidad - área.

El método volumétrico se realizó mediante un recipiente con un volumen conocido y un cronómetro; se hicieron en cada uno de los puntos donde se utilizó este método cinco mediciones de un volumen conocido en determinado tiempo.

De acuerdo a Metcalf y Eddy: “Para la determinación de los caudales por el método de velocidad – área se multiplicó la velocidad de flujo (m/s) por la superficie de la sección recta (m²) escogida a través de la que circula el caudal”¹⁸.

2.3. PRUEBAS IN SITU

Las pruebas que se determinaron in situ fueron el pH y la conductividad eléctrica.

2.3.1. Determinación de pH. El método que se utilizó para la determinación del pH fue colorimétrico con indicador rojo fenol.

Según Amaya, García y Rios: “Para su medición se tomaron 10 mL de muestra y se agregaron 5 gotas de indicador rojo fenol, obteniéndose el valor de pH directamente mediante un comparador”¹⁹.

¹⁸ METCALF y EDDY. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. 2 ed. Barcelona: Mc Graw – Hill, 1995. p.103.

¹⁹ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.17.

2.3.2. Determinación de Conductividad Eléctrica. Para la determinación de la conductividad eléctrica se utilizó un medidor portátil Marca ORION.

Según Amaya, García y Ríos: “Para su medición se sumergió el conductímetro dentro del agua, tomando la lectura directa de los mS/cm”²⁰.

2.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO

En cada uno de los nueve puntos seleccionados se realizó toma de muestras puntuales para el análisis de parámetros físico químicos y microbiológicos en laboratorio.

El procedimiento utilizado en la toma, almacenamiento y transporte, caracterización físicoquímica y microbiológica de las muestras de agua se describe a continuación:

2.4.1. Toma, almacenamiento y transporte de muestras de agua. La toma de muestras en cada uno de los puntos para el análisis físico químico y microbiológico se realizó en frascos de vidrio de 500 ml previamente esterilizados.

El procedimiento que se siguió fue el siguiente según Vargas: “se sumergió el frasco debajo de la superficie del agua hasta una profundidad de 15 a 30 cm

²⁰ Ibid., p. 82.

describiendo un semicírculo en la dirección de la corriente con el fin de evitar los desechos flotantes y la contaminación”²¹.

Luego de haberlas tomado, se identificaron y se refrigeraron durante el transporte en un termo a una temperatura aproximada de 4°C por un tiempo de 6 horas (tiempo que transcurrió entre la toma de la primera muestra y el análisis)

2.4.2. Características Físico químicas

2.4.2.1. Turbiedad. Para la determinación de la turbiedad se utilizó el fotómetro estándar SQ-118 marca MERCK.²² Este método previamente elaboró su curva respectiva, empleando como suspensión estándar de referencia una suspensión de un polímero de formacina según la norma STANDARD METHODS 2130 – 1995.

Para realizar el análisis de cada muestra se eligió el número del método en el fotómetro MERCK SQ-118.

De acuerdo al procedimiento indicado por Amaya, García y Rios:

Se tomaron 25 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 50 mL (muestra en blanco) y simultáneamente, 25 mL de la muestra bien

²¹ VARGAS FIALLO, Yolanda. Modulo de laboratorio de aguas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2003. p.3.

²² MERCK. Manual fotómetro SQ-118. p.47.

homogenizada en otro vaso de precipitado de 50 mL. Se presionó la tecla del valor en blanco hasta aparecer en la pantalla “tiempo de Reacción” o “medir el Blanco”.

Luego se llenó una celda de 50 mm para leer el blanco, y en la otra el analito de muestra. Se colocó en el compartimiento la cubeta con la muestra en blanco y se presionó la tecla de lectura. Una vez leído el valor de cero de la muestra en blanco se insertó en el compartimiento la celda con la muestra y se presionó la tecla de lectura para leer el resultado del analito. Las unidades leídas en el fotómetro nos indica la turbiedad del agua en **UNT**²³.

2.4.2.2. Color. Para la determinación del color se utilizó el fotómetro estándar SQ-118 marca MERCK. Este método previamente elaboró su curva de calibración respectiva, según la norma STANDARD METHODS 2120 – 1995.²⁴

Para realizar el análisis de cada muestra se eligió el número del método en el fotómetro MERCK SQ-118.²⁵

²³ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.32.

²⁴ APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: American Public Standar Association, 1995. p.2-1 – 2-3.

²⁵ MERCK. Manual fotómetro SQ-118. p.48.

Según el procedimiento mencionado por Amaya, García y Rios:

Se tomaron 25 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 50 mL (muestra en blanco) y simultáneamente, 25 mL de la muestra bien homogenizada en otro vaso de precipitado de 50 mL. Se presionó la tecla del valor en blanco hasta aparecer en la pantalla “tiempo de Reacción” o “medir el Blanco”.

Luego se llenó una celda de 50 mm para leer el blanco, y en la otra el analito de muestra. Se colocó en el compartimiento la cubeta con la muestra en blanco y se presionó la tecla de lectura. Una vez leído el valor de cero de la muestra en blanco se insertó en el compartimiento la celda con la muestra y se presionó la tecla de lectura para leer el resultado del analito. Las unidades leídas en el fotómetro nos indica el color del agua en **UPC**.²⁶

2.4.2.3. Hierro Total. Para la determinación del hierro total se utilizó el fotómetro estándar SQ-118 marca MERCK de acuerdo al método 14761 del manual fotómetro SQ-118.²⁷

²⁶ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.28.

²⁷ MERCK. Manual fotómetro SQ-118. p.35.

Siguiendo lo mencionado por Amaya, García y Rios el procedimiento fue el siguiente:

Se pipetearon 10 mL de agua destilada en una frasco de ensayo (muestra en blanco) y simultáneamente, 10 mL de la muestra en otro frasco de ensayo. Luego se añadieron 5 gotas del reactivo Fe-AN a cada una de ambas muestras y se agitaron inmediatamente. Se presionó la tecla del valor en blanco hasta que aparecer en la pantalla “tiempo de Reacción” o “medir el Blanco”.

Luego se llenó una celda de 50 mm para leer el blanco, y en la otra el analito de muestra. Se colocó en el compartimiento la cubeta con la muestra en blanco y se presionó la tecla de lectura. Una vez leído el valor de cero de la muestra en blanco se insertó en el compartimiento la celda con la muestra y se presionó la tecla de lectura para leer el resultado del analito. Las unidades leídas en el fotómetro nos indica el hierro total del agua en mg de Fe/L.²⁸

²⁸ AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.80.

2.4.2.4. Sólidos Totales. La determinación de sólidos totales en las muestras de agua se realizó de acuerdo a la norma STANDARD METHODS 2540 A, B-1995.²⁹ El análisis de las muestras se inició con la preparación del recipiente de evaporación. Se secaron las cápsulas de porcelana necesarias a 103 - 105°C durante una hora, luego se dejaron enfriar en un desecador hasta el momento de su uso y se pesaron antes del análisis. Se midieron 100 mL de cada una de las muestras y se adicionaron a las cápsulas, luego se evaporaron hasta sequedad sobre una plancha de calentamiento y seguidamente se secó el residuo calentándolo durante una hora en el horno a 103 - 105°C, se dejaron enfriar las cápsulas en un desecador y se pesaron en la balanza analítica. El resultado de los sólidos totales se obtuvo por diferencia de peso así:

$$S. T. = \frac{(A - B) * 1000}{V} \quad (1)$$

Donde :

$S.T.$ = Sólidos totales, mg/L

A = Peso del recipiente + residuo seco, en mg.

B = Peso del recipiente vacío, en mg.

V = Volumen de muestra, en mL.

²⁹ APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: American Public Standar Association, 1995. p.2-53 – 2-54.

2.4.2.5. Alcalinidad Total. Para la determinación de la alcalinidad total se utilizó el método titulométrico mediante ácido sulfúrico 0.02 N según norma STANDARD METHODS 2320 – 1995³⁰

El análisis de las muestras se inició llevándolas a temperatura ambiente, más o menos a 25 ° C. Se tomaron 50 mL de muestra en un erlenmeyer de 250 mL.

Se adicionaron 2 gotas de solución indicador mixto, y luego se tituló lentamente con ácido sulfúrico 0.02N hasta obtener el cambio de color de la solución de azul a amarillo.

El resultado de la alcalinidad se obtuvo así:

$$A = \frac{V_T * N * 50000}{V_m} \quad (2)$$

Donde:

A = Alcalinidad total, en mg CaCO_3 /L

N = Normalidad del ácido clorhídrico o sulfúrico.

V_T = Volumen total, mL de ácido para obtener el viraje de azul a amarillo.

50.000 = 50 mg CaCO_3 /meq X 1000 mL/L

V_m = Volumen en mL de muestra

³⁰ Ibid., p. 2-25 – 2-28.

2.4.2.6. Cloruros. Para la determinación de los cloruros se utilizó el método de MOHR según norma STANDARD METHODS 4000 A, C, D – 1995.³¹

El análisis de las muestras se inició tomando 50 mL de muestra en un erlenmeyer de 250 mL, se adicionó 1 mL de solución indicadora de Cromato de Potasio y se agitó para homogeneizar. Luego se tituló la solución con Nitrato de Plata (AgNO_3) 0.0141N hasta obtener un color rojizo que no desaparece con la agitación.

El resultado de los cloruros se obtuvo así:

$$mg \text{ de } Cl^- / L = \frac{V_{AgNO_3} * N * 35460}{V_m} \quad (3)$$

Donde:

V_{AgNO_3} = Volumen del Nitrato de Plata (AgNO_3).

N = Normalidad del Nitrato de Plata (AgNO_3)

V_m = Volumen de muestra

2.4.2.7. Dureza Total. Teniendo en cuenta lo propuesto por Amaya, García y Rios: “Para la determinación de la dureza total se utilizó el método titulométrico mediante EDTA (ácido etilendiaminotetra-acético) 0.02 N y tabletas tampón indicadoras”³². El análisis de las muestras se inició tomando 50 mL de muestra en un erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 2 ml de solución buffer para obtener un

³¹ Ibid., p. 4-50 – 4-51.

³² AMAYA, Laura; GARCÍA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de San Gil. Colombia. 2001. p.47.

pH de 10.0 a 10.1, y una tableta tampón indicadora para obtener un color rojo violeta suave. Se tituló la muestra con solución de EDTA 0.02 N estandarizada agitando permanentemente hasta que se obtuvo un cambio de color de rojo violeta a verde-azul. El mismo procedimiento se realizó a una muestra en blanco (agua destilada).

El resultado de la dureza total se obtuvo así:

$$D = \frac{(V_m - V_b) * N * 50000}{V} \quad (4)$$

Donde :

D = Dureza total, en mg CaCO_3/L .

V_m = Volumen de solución de EDTA gastado para valorar la muestra, en mL.

V_b = Volumen de solución de EDTA gastado para valorar el blanco, en mL.

N = Normalidad de la solución de EDTA titulada.

V = Volumen de muestra valorado, en mL.

50.000 = $50 \text{ mg/meq} \times 1000 \text{ mL/L}$.

2.4.2.8. Dureza Cálctica. Para la determinación de la dureza cálcica se utilizó el método titulométrico mediante EDTA 0.02 N según el STANDARD METHODS.³³ Solución indicadora de murexida y solución de hidróxido de sodio 1 N. El análisis de las muestras se inició tomando 50 mL de muestra en un erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 2 ml de solución Hidróxido de Sodio (NaOH) 1 N, para obtener un pH entre 12 y 13 y una 0.2 g de murexida como indicador. Se tituló la muestra con solución de EDTA 0.02 N estandarizada agitando permanentemente hasta que se obtuvo un cambio de color de rosado a púrpura.

Obteniéndose el resultado de la dureza cálcica así:

$$mg\ de\ CaCO_3 / L = \frac{VEDTA * M * 100000}{Vm} \quad (5)$$

Donde :

M = Molaridad de la solución de EDTA titulada.

$VEDTA$ = Volumen de EDTA, en mL.

Vm = Volumen de muestra valorado, en mL

2.4.2.9. Dureza magnésica. La determinación de la dureza magnésica se realizó por diferencia así:

$$Dureza\ Magnésica = Dureza\ Total - Dureza\ Cálctica \quad (6)$$

³³ APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: American Public Standar Association, 1995. p.2-36 – 2-38.

2.4.2.10. Calcio. La determinación del calcio se realizó así:

$$mg \text{ de } Ca / L = Dureza \text{ Cálctica} * 0.4 \quad (7)$$

2.4.2.11. Magnesio. La determinación del magnesio se realizó así:

$$mg \text{ de } Mg / L = Dureza \text{ Magnesica} * 0.24 \quad (8)$$

2.4.3. Características Microbiológicas. Para la Determinación de los coliformes totales, fecales y mesófilos se utilizó el método de filtración por membrana.³⁴

³⁴ CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fé de Bogotá D.C.: CENAGUA, 2001. p.16 – 18.

3. RESULTADOS

Se presentan los resultados correspondientes a la georeferenciación, medición de caudal y caracterización físico química y microbiológica de los nueve puntos a lo largo de la Quebrada Cuchicute.

3.1. GEOREFERENCIACIÓN

Los resultados obtenidos en la georeferenciación de cada uno de los nueve puntos a lo largo de la Quebrada Cuchicute se muestran en la tabla 1.

En la tabla 1 se observan los datos de la coordenada norte, coordenada oeste y elevación de cada uno de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute. Los valores de elevación fueron disminuyendo debido a que los puntos se ubicaron a partir de los afluentes que conforman la Quebrada Cuchicute hasta el punto donde desemboca dicha quebrada.

Los nueve puntos referenciados corresponden a los siguientes sitios:

- 1: Quebrada Golondrina, 100 m aproximadamente antes de desembocar a la Quebrada Cuchicute.
- 2: Quebrada Alejandría, 100 m aproximadamente antes de desembocar a la Quebrada Cuchicute.

- 3: Batea que se encuentra sobre la vía principal de la Vereda Cuchicute ubicada a 300 m aproximadamente antes del puesto de salud.
- 4: Ubicado frente a la Hacienda Cuchicute.
- 5: Batea que conduce a la Granja Avícola el Tabor.
- 6: Bocatoma Acueducto Vereda El Tabor.
- 7: Bocatoma Acueducto Candamo
- 8: Bocatoma Acueducto Municipio de San Gil
- 9: 150 m aproximadamente antes de desembocar a la Quebrada Curití
- (Ver anexos 1 y 2)

Tabla 1. Georeferenciación de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute.

PUNTO	COORDENADA	COORDENADA	ELEVACIÓN
	NORTE	ESTE	(m.s.n.m)
1	1.217.855,096	1.113.093,892	1538
2	1.218.063,956	1.113.096,297	1517
3	1.218.577,579	1.112.113,832	1510
4	1.218.334,134	1.110.629,939	1494
5	1.218.509,467	1.109.540,767	1474
6	1.218.283,346	1.109.107,132	1440
7	1.217.934,963	1.108.526,044	1450
8	1.217.672,885	1.107.972,739	1389
9	1.217.423,367	1.107.388,594	1314

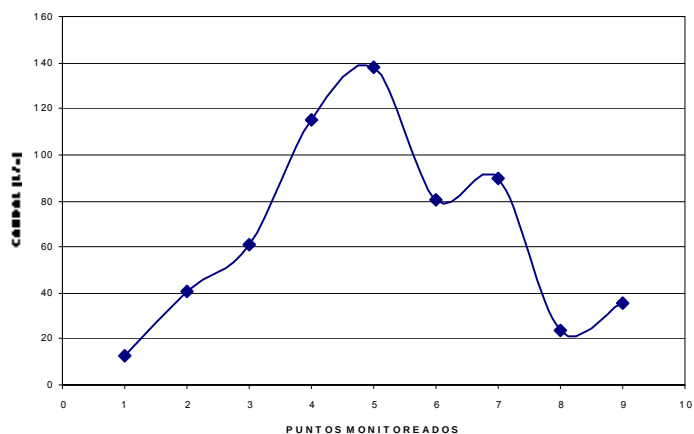
3.2. MEDICIÓN DE CAUDAL

Los resultados obtenidos en la medición del caudal y el método utilizado en cada uno de los nueve puntos a lo largo de la Quebrada Cuchicute se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Caudales de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute

PUNTO	MEDICIÓN	CAUDAL
	CAUDAL	(L/s)
1	Area - Velocidad	12,52
2	Area - Velocidad	40,82
3	Volumétrico	60,93
4	Area - Velocidad	115,46
5	Area - Velocidad	138
6	Area - Velocidad	80,64
7	Volumétrico	90,01
8	Volumétrico	23,71
9	Volumétrico	35,25

Figura 1. Caudales obtenidos en cada uno de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute



En la figura 1 se observa un aumento de caudal desde el punto 1 hasta el punto 5 y una disminución desde el punto 5 al 6 y del 7 al 8 que se explicará más adelante en la discusión de resultados. En los puntos 6 y 7 y los puntos 8 y 9 se presenta un comportamiento más estable del caudal.

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS

En la tabla 3 y en las figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 se muestran los resultados de las características físico químicas y microbiológicas evaluadas en cada uno de los nueve puntos monitoreados sobre la Quebrada Cuchicute comparados con los valores admisibles del Decreto 475 del 10 de marzo de 1998

En la tabla 3 y figuras 6 y 9, se observa que los resultados correspondientes al pH y cloruros para cada uno de los nueve puntos son aproximadamente iguales entre sí.

Los resultados de turbiedad (tabla 3 y figura 2) para los puntos 1, 2, 3, 4 y 5, y los puntos 7, 8 y 9 presentan valores muy similares.

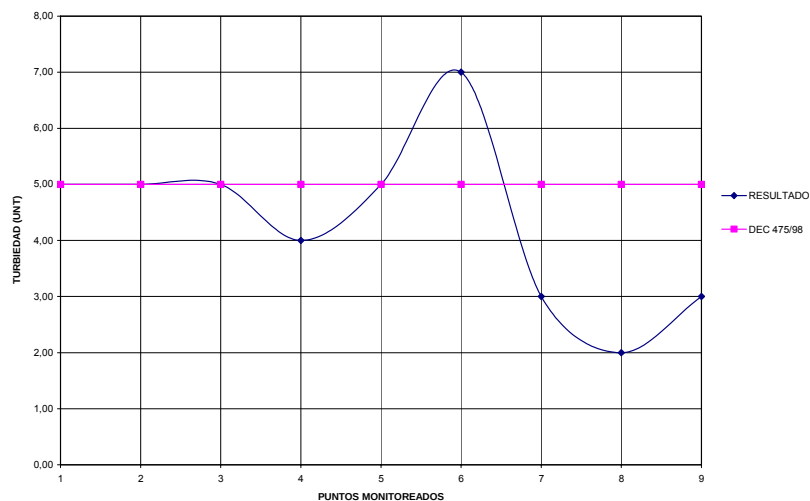
Para el caso del color (tabla 3 y figura 3), se observa que los puntos 1, 2, 3 y 4 y los puntos 7, 8 y 9 presentan valores semejantes.

Al comparar los resultados obtenidos de sólidos totales, pH, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, calcio y magnesio (tabla 3 y figuras 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13 y 14) en los puntos 7 y 8 presentan el mismo valor.

Tabla 3. Características Físico Químicas y Microbiológicas de los nueve puntos monitoreados sobre la Quebrada Cuchicute comparados con los límites admisibles del Decreto 475/98

PARAMETRO	UNIDADES	DECRETO	PUNTOS MONITOREADOS								
		475/98	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Turbiedad	UNT	≤ 5	5	5	5	4	5	7	3	2	3
Color	UPC	≤ 15	6	5	5	5	9	11	12	13	12
Hierro Total	mg/L Fe	0,3	0,17	0,23	0,29	0,21	0,27	0,46	0,29	0,25	0,39
Sólidos Totales	mg/L	≤ 500	60	156	104	128	180	84	112	112	100
pH	Unidades	6,5 - 9,0	7,4	7,4	7,3	7,5	7,3	7,1	7,3	7,3	7,3
Conductividad	mS/cm	50 - 1000	90	100	110	120	120	140	140	120	110
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	100	30	38	42	44	44	46	48	48	46
Cloruros	mg/L Cl ⁻	250	7	5	5	6	4	6	5	6	5
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	160	42	50	52	56	58	64	60	60	58
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃		34	42	48	48	54	54	56	56	52
Dureza Magnésica	mg/L CaCO ₃		8	8	4	8	4	10	4	4	6
Calcio	mg/L Ca	60	13,6	16,8	19,2	19,2	21,6	21,6	22,4	22,4	20,8
Magnesio	mg/L Mg	36	1,92	1,92	0,96	1,92	0,96	2,4	0,96	0,96	1,44
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	4260	5110	3680	7380	2260	8600	6420	3000	3200
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	80	210	220	200	290	240	200	160	40
Mesófilos	UFC/100 ml	100	5200	25400	13600	17900	23600	41200	16700	11500	11900

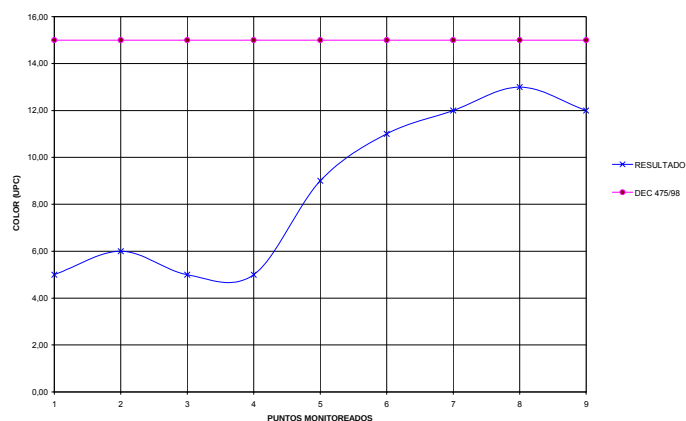
Figura 2. Resultados de turbiedad sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98



En la tabla 3 y figura 15 para el caso de coliformes totales, se observa que la muestra evaluada en el punto 6 presentó el mayor número de unidades formadoras de colonias (8600 UFC/100 ml); mientras que el menor número lo presentó la muestra evaluada en el punto 5 (2260 UFC/100 ml).

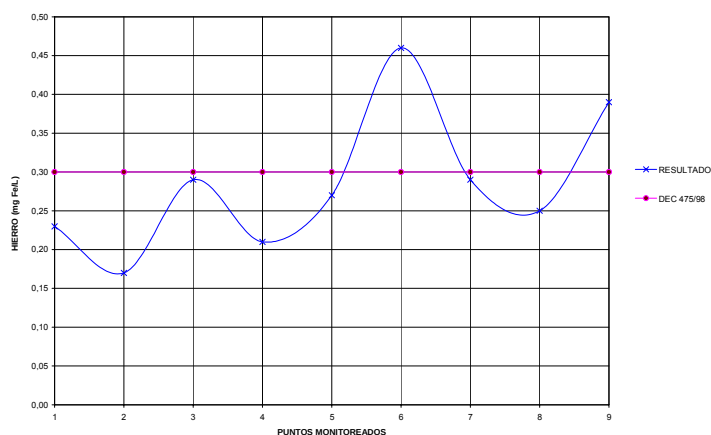
Al comparar los resultados de los coliformes fecales (tabla 3 y figura 16), se observa que el mayor número de unidades formadoras de colonias se presentó en la muestra analizada sobre el punto 5; mientras que el menor número se presentó en la muestra analizada sobre el punto 9.

Figura 3. Resultados de color sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98



Para el caso de los mesófilos (tabla 3 y figura 17), se observa que el mayor número lo presentó la muestra evaluada sobre el punto 6 y el menor número la muestra evaluada sobre el punto 1.

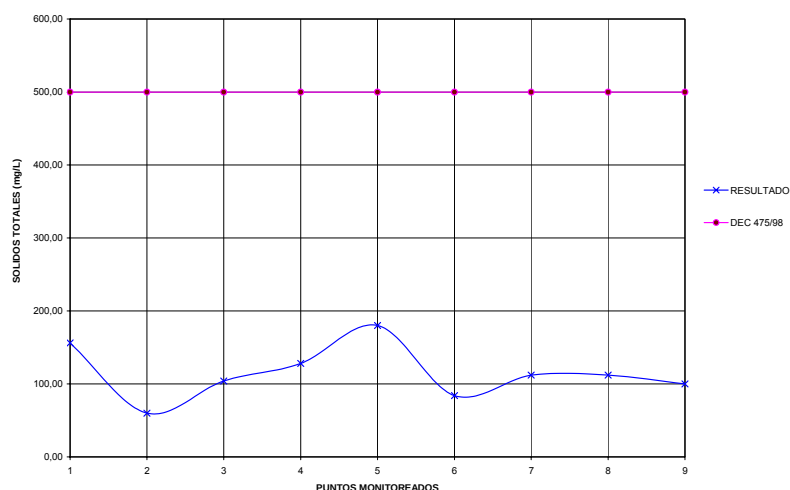
Figura 4. Resultados de hierro total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98



En la tabla 3 y figuras 15, 16 y 17 al comparar los resultados obtenidos con los valores admisibles del Decreto 475/98 , se observa que todas las muestras analizadas en cada uno de los nueve puntos se encuentran fuera de los límites de calidad microbiológica.

Al comparar los resultados obtenidos para el caso del color, sólidos totales, pH, conductividad, alcalinidad total, cloruros, dureza total, calcio y magnesio (tabla 3 y figuras 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13 y 14) con los valores admisibles del Decreto 475/98, se observa que todas las muestras analizadas en los nueve puntos monitoreados se encuentran dentro de los límites de calidad físico química.

Figura 5. Resultados de sólidos totales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98



Para el caso de la turbiedad (tabla 3 y figura 2) al comparar los resultados obtenidos con el Decreto 475/98, se observa que todas las muestras cumplen con el límite establecido excepto la muestra analizada sobre el punto 6.

En la tabla 3 y figura 4, al comparar los resultados obtenidos de hierro total con el Decreto 475/98 se observa que todas las muestras cumplen con la norma establecida excepto las muestras analizadas en los puntos 6 y 9.

Figura 6. Resultados de pH sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

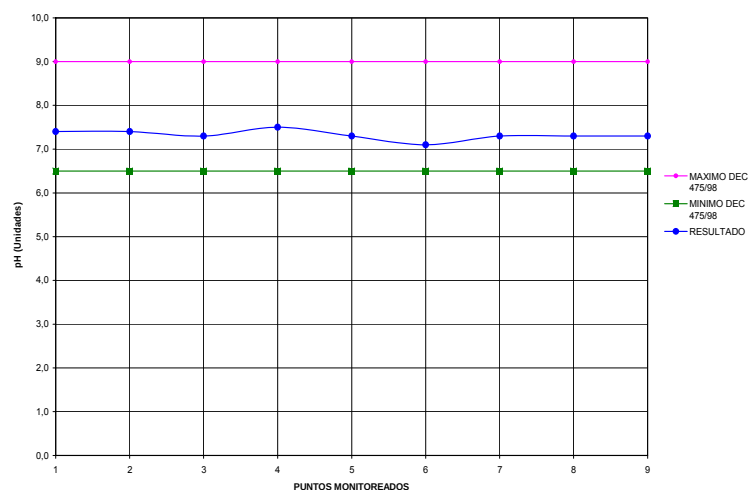


Figura 7. Resultados de conductividad sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

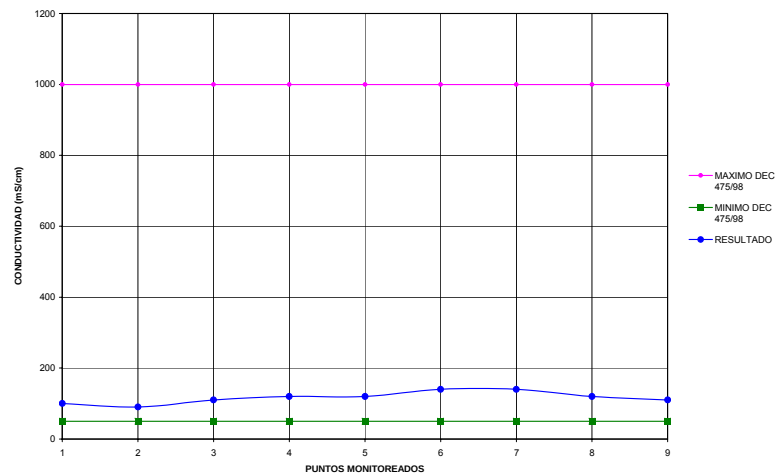


Figura 8. Resultados de alcalinidad total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

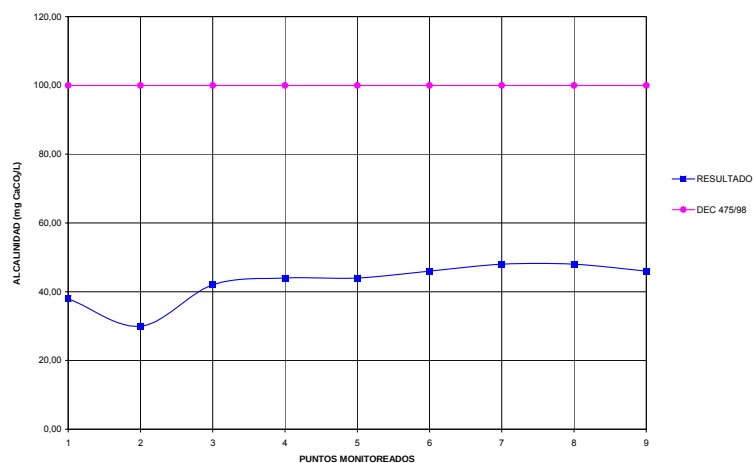


Figura 9. Resultados de cloruros sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

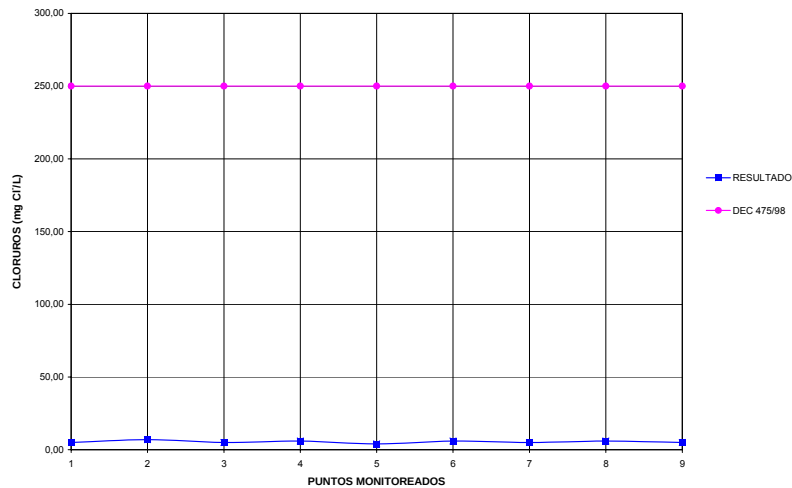


Figura 10. Resultados de la dureza total sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

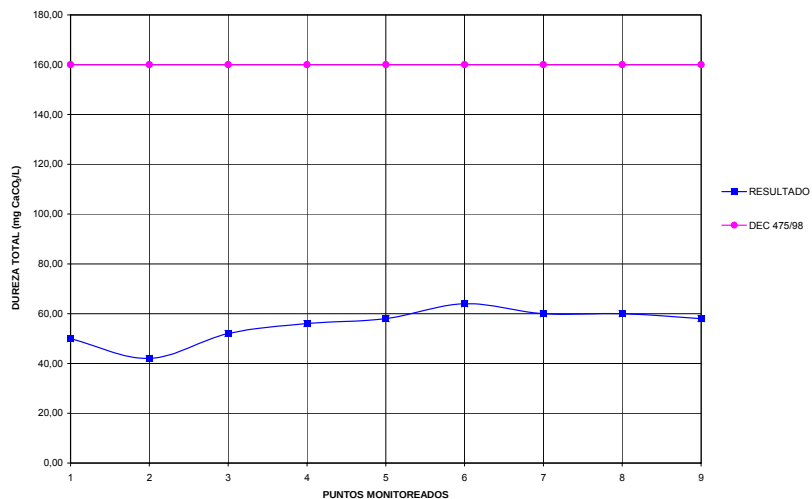


Figura 11. Resultados de la dureza cálcica sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

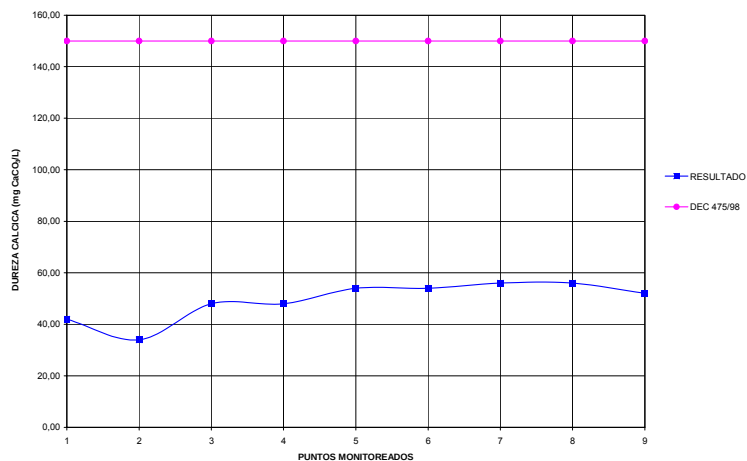


Figura 12. Resultados de la dureza magnésica sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

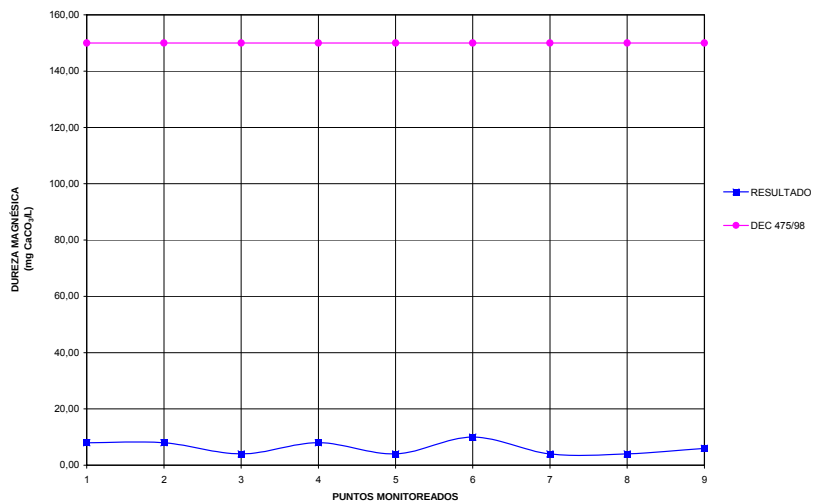


Figura 13. Resultados de calcio sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

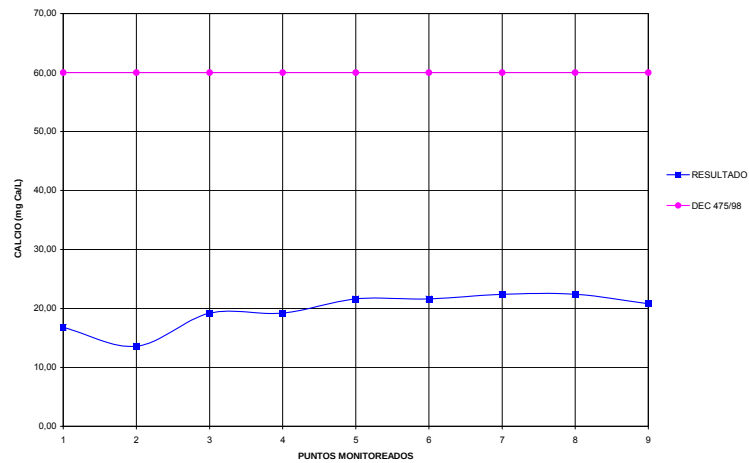


Figura 14. Resultados de magnesio sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

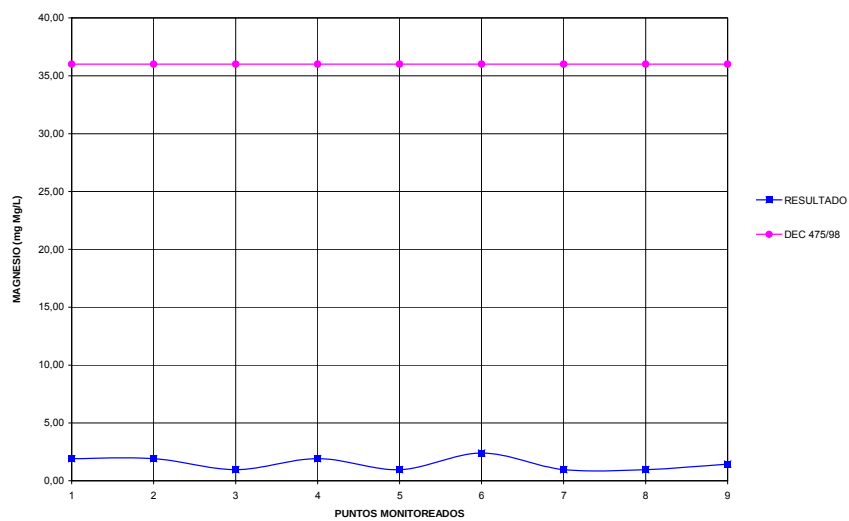


Figura 15. Resultados de coliformes totales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

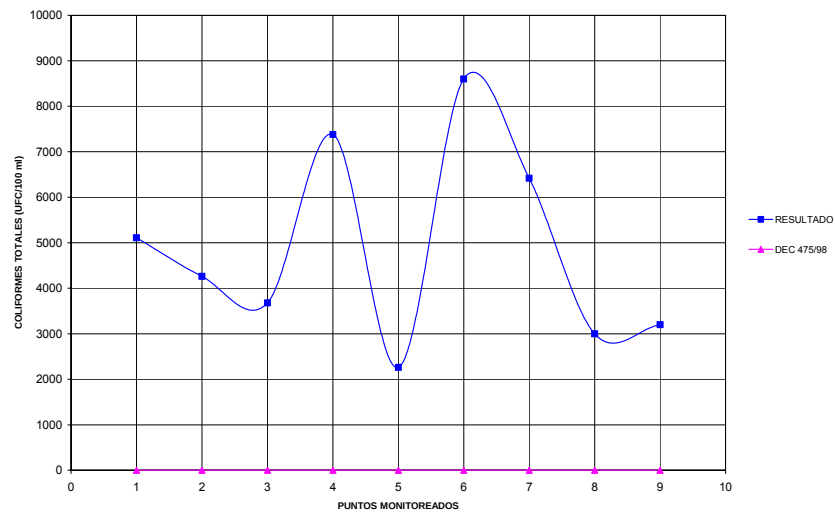


Figura 16. Resultados de coliformes fecales sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98

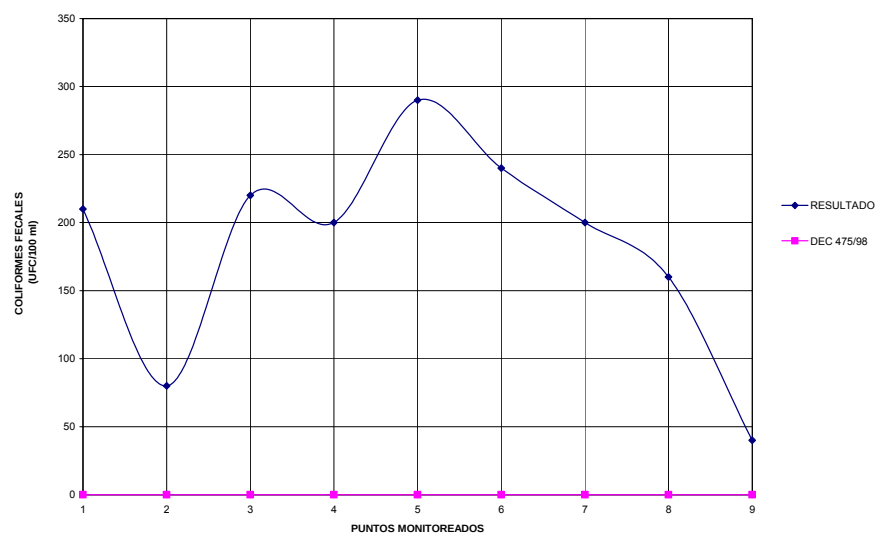
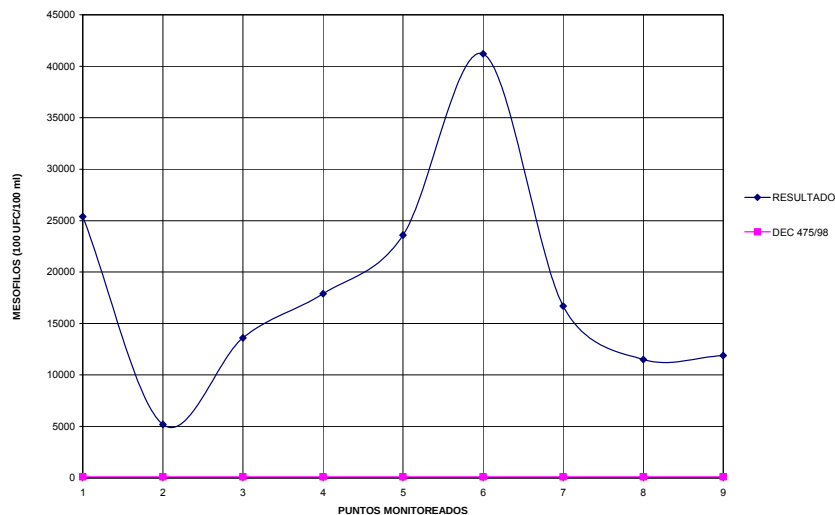


Figura 17. Resultados de mesófilos sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 475/98



En las tablas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los resultados de las características físico químicas (cloruros, turbiedad, color, hierro y pH) y microbiológicas (coliformes totales y fecales) evaluadas en los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute comparados con los valores admisibles de acuerdo al Decreto 1594/84.

Tabla 4. Cloruros evaluados sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84

PUNTOS	RESULTADO	CLORUROS (mg/L Cl ⁻)	
		DECRETO 1594/84 (USOS)	
		Recurso Humano y Doméstico (tratamiento convencional)	Recurso Humano y Doméstico (desinfección)
1	7	250	250
2	5		
3	5		
4	6		
5	4		
6	6		
7	5		
8	6		
9	5		

Para el caso de los cloruros (tabla 4), se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos en el Decreto 1594/84 para ser utilizadas como: agua para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de tratamiento convencional o sólo desinfección.

Tabla 5. Turbiedad evaluada sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparada con el Decreto 1594/84

PUNTOS	RESULTADO	TURBIEDAD (UNT)	
		DECRETO 1594/84 (USOS)	
		Recurso Humano y Doméstico (desinfección)	
1	5	10	
2	5		
3	5		
4	4		
5	5		
6	7		
7	3		
8	2		
9	3		

Al comparar los resultados obtenidos de turbiedad (tabla 5) con el Decreto 1594/84 se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos para ser utilizadas como agua para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere sólo desinfección.

Tabla 6. Color evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84

PUNTOS	RESULTADO	COLOR (UPC)	
		DECRETO 1594/84 (USOS)	
		Recurso Humano y Doméstico (tratamiento convencional)	Recurso Humano y Doméstico (desinfección)
1	6	75	20
2	5		
3	5		
4	5		
5	9		
6	11		
7	12		
8	13		
9	12		

Para el caso del color (tabla 6), se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos en el Decreto 1594/84 para ser utilizadas como: agua para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de tratamiento convencional o sólo desinfección.

Tabla 7. pH evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84

PUNTOS	RESULTADO	pH (Unidades)				
		DECRETO 1594/84 (USOS)				
		Recurso Humano y Doméstico	Recurso Humano y Doméstico	Agrícola	Recreativo	Recreativo
		(tratamiento convencional)	(desinfección)		Contacto Primario	Contacto Secundario
1	7,4	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0
2	7,4					
3	7,3					
4	7,5					
5	7,3					
6	7,1					
7	7,3					
8	7,3					
9	7,3					

Comparando los resultados obtenidos de pH (tabla 7) con el Decreto 1594/84 se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos para ser utilizadas como: agua para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de tratamiento convencional o sólo desinfección, actividades agrícolas y fines recreativos de contacto primario y secundario.

Al comparar los resultados obtenidos de hierro (tabla 8) con el Decreto 1594/84 se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos para ser utilizadas en actividades agrícolas.

Tabla 8. Hierro evaluado sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparado con el Decreto 1594/84

PUNTOS	HIERRO (mg/L Fe)	
	RESULTADO	DECRETO 1594/84 (USOS)
		Agrícola
1	0,17	5,0
2	0,23	
3	0,29	
4	0,21	
5	0,27	
6	0,46	
7	0,29	
8	0,25	
9	0,39	

Para el caso de coliformes totales (tabla 9), se observa que todas las muestras analizadas se encuentran fuera de los límites exigidos en el Decreto 1594/84 para ser utilizadas como: aguas para consumo humano y doméstico donde para su potabilización solo se requiere desinfección y para uso recreativo mediante contacto primario; mientras que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos para ser utilizadas como recurso humano y doméstico donde para su potabilización se requiere tratamiento convencional.

Al comparar los resultados obtenidos de coliformes totales (tabla 9) con el Decreto 1594/84 , se observa que las muestras analizadas sobre los puntos 1, 3, 5, 8 y 9, se encuentran dentro de los límites exigidos para la destinación del recurso para uso agrícola y para fines recreativos mediante contacto secundario.

Tabla 9. Coliformes totales evaluados sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84

PUNTOS	RESULTADO	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)				
		DECRETO 1594/84 (USOS)				
		Recurso Humano y Doméstico (tratamiento convencional)	Recurso Humano y Doméstico (desinfección)	Agrícola	Recreativo Contacto Primario	Recreativo Contacto Secundario
1	4260	20000	1000	5000	1000	5000
2	5110					
3	3680					
4	7380					
5	2260					
6	8600					
7	6420					
8	3000					
9	3200					

Para el caso de coliformes fecales (tabla 10), se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites exigidos en el Decreto 1594/84 para ser utilizadas como: aguas para consumo humano y doméstico donde para su potabilización solo se requiere tratamiento convencional y para fines agrícolas, además que las muestras analizadas sobre los puntos 1, 4, 7, 8 y 9 se encuentran dentro de los límites exigidos para ser utilizadas en fines recreativos de contacto primario.

Tabla 10. Coliformes fecales evaluados sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de Quebrada Cuchicute comparados con el Decreto 1594/84

PUNTOS	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)			
	RESULTADO	DECRETO 1594/84 (USOS)		
		Recurso Humano y Doméstico (tratamiento convencional)	Agrícola	Recreativo
				Contacto Primario
1	80	20000	1000	200
2	210			
3	220			
4	200			
5	290			
6	240			
7	200			
8	160			
9	40			

4. DISCUSIÓN

En la discusión se analizarán los caudales encontrados y las características físico químicas y microbiológicas sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la parte experimental y estará dirigida a compararlos con los límites establecidos en los Decretos 475 del 10 de marzo de 1998 y 1594 del 26 de junio de 1984.

Se tratará de darle una explicación a las variaciones o similitudes encontradas.

Comportamiento de Caudales:

Los resultados obtenidos experimentalmente para los cinco primeros puntos monitoreados muestran un aumento definido de caudal. Esto corresponde a que las quebradas Golondrina (1) y Alejandría (2) se unen para formar la Quebrada Cuchicute (3) y además porque sobre los puntos 4 y 5 drenan otras quebradas y arroyos que hacen que se presente un aumento representativo.

Los resultados de caudal obtenidos en los puntos 7 al 8 muestran una disminución marcada. Esta puede ser atribuida a que el caudal medido en el punto 8 corresponde al rebose de la bocatoma del acueducto de San Gil, es decir que aproximadamente los 66.3 L/s de diferencia son captados por la Empresa de

Acueducto del Municipio de San Gil para beneficio de la población asentada en el casco urbano.

La disminución presentada del punto 5 al 6 es atribuida a que el caudal medido en el punto 6 corresponde al rebose de la bocatoma de la vereda el Tabor, es decir, que aproximadamente los 57.36 L/s de diferencia son captados por este acueducto para ser utilizada principalmente para consumo humano y doméstico donde como ya se mencionó anteriormente sólo existe sistema de almacenamiento y transporte más no de tratamiento.

El comportamiento similar o estable del caudal en los puntos 6 y 7 se puede atribuir a que a pesar de que el punto 6 corresponde al rebose de la bocatoma de la Vereda el Tabor; sobre la Quebrada Cuchicute drenan otras quebradas y arroyos que ayudan a manifestar una tendencia semejante del caudal hasta el punto 7.

Sobre los puntos 8 y 9 se muestra un pequeño aumento de caudal o un comportamiento estable de caudal que puede ser atribuido a que sobre este trayecto drena solamente una quebrada o arroyo muy pequeño que no se considera altamente representativo.

Comportamiento de las características físico químicas y microbiológicas:

El comportamiento similar del pH y cloruros sobre los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute puede ser atribuido respectivamente a que la geoquímica del suelo es similar en todo el trayecto de la quebrada y a que no se presentan efluentes representativos de aguas domésticas o de reactivos químicos utilizados en la agricultura que afecten la concentración de cloruros³⁵.

Los resultados bajos de turbiedad obtenidos y las similitudes encontradas en casi todos los puntos excepto en el punto 6, pueden ser atribuidos a que todas las muestras fueron tomadas en época de verano, es decir, época en la cual la turbiedad se mantiene prácticamente constante. Además es de anotar que todas las muestras excepto el punto 6 cumplen con el límite admisible en el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998, por tanto para este caso si el agua es utilizada para consumo humano no requeriríamos necesariamente de un coagulante como los mencionados por Arboleda: "(polielectrolitos o ayudante de coagulación y los coagulantes metálicos como: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios)"³⁶ para disminuir la turbiedad, solo requeriríamos de unidades de filtración (filtros convencionales con material filtrante como: arena, antracita, grava y otros

³⁵ GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.160.

³⁶ ARBOLEDA. VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: McGraw – Hill. Interamericana, 2000. p.47, 51.

materiales) para cumplir con el límite establecido en el caso del punto 6 o disminuir aún más la turbiedad en los demás puntos.

La similitud encontrada para el caso del color en casi todos los puntos monitoreados se puede atribuir al igual que en el caso de la turbiedad a que todas las muestras fueron tomadas en época de verano. Los resultados del color en todos los puntos cumplen con la norma establecida en el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998, es decir que no se requiere tratamiento para disminuir este parámetro en caso de ser utilizada el agua para consumo humano, pero si se quiere disminuir su valor para mejorar la calidad del agua se puede utilizar algún coagulante o simplemente unidades de filtración.

Teniendo en cuenta que los sólidos totales, el pH, la conductividad, la alcalinidad total, los cloruros, la dureza total, el calcio y el magnesio en todos los puntos monitoreados en época de verano cumplen con los valores admisibles del Decreto 475 del 10 de marzo de 1998 se puede determinar que no se requiere de ningún tipo de tratamiento a la Quebrada Cuchicute que afecte dichos parámetros.

Para el caso de la similitud de los resultados de sólidos totales, pH, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, calcio y magnesio en los puntos 7 y 8 podemos atribuirla respectivamente a que la cantidad de compuestos en estado sólido que permanecen en la quebrada sobre estos puntos son los

mismos, que la geoquímica del suelo es igual y que el contenido de sales disueltas de calcio y magnesio sobre la quebrada es el mismo³⁷.

Comparando los resultados de los parámetros microbiológicos evaluados en los nueve puntos a lo largo de la Quebrada Cuchicute con el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998 se observó, que ninguno de estos cumple con los límites establecidos, es decir, que para utilizar esta agua para consumo humano se requiere de la utilización de algún desinfectante entre ellos los que menciona Arboleda: “(entre los desinfectantes más conocidos se encuentra el cloro, aunque existen otros desinfectantes como: el Yodo, Bromo, Plata ionizada y Ozono)”³⁸ que elimine los microorganismos presentes.

Al comparar los resultados del hierro total sobre los nueve puntos monitoreados con el decreto 475 del 10 de marzo de 1998 se observó, que las muestras analizadas en los puntos 6 y 9 no cumplen con el valor admisible, es decir, que para lograr la disminución de la concentración del hierro total se requiere de algún coagulante, unidades de filtración, torres de aireación o para el caso en que se quiera obtener una mejor calidad del agua se puede emplear la combinación de estos procesos.

³⁷ GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. p.160.

³⁸ ARBOLEDA. VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, 2000. p.644.

Teniendo en cuenta que los cloruros y el color en todos los puntos monitoreados cumplen con los valores admisibles del Decreto 1594/84 se puede determinar que el agua puede ser utilizada como recurso para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de tratamiento convencional o sólo desinfección.

Al comparar los resultados de turbiedad sobre los nueve puntos monitoreados con el Decreto 1594/84 se observó que todas las muestras analizadas cumplen con el valor admisible, es decir, que no se requiere de ningún tipo de tratamiento ya sea convencional o con algún desinfectante para ser utilizadas en consumo humano y doméstico.

Para el caso del pH, se observó que en todos los puntos monitoreados cumple con los valores admisibles del Decreto 1594/84, por tal razón el agua puede ser utilizada para: consumo humano y domestico donde para su potablización se realice tratamiento convencional o sólo desinfección, para actividades agrícolas y para fines recreativos de contacto primario y secundario.

Comparando los resultados de la concentración de hierro con los límites admisibles del Decreto 1594/84 se observó que el agua puede ser utilizada para actividades agrícolas sin que perjudique los productos y a su vez la economía de los agricultores.

Para el caso de coliformes totales que en todos los puntos monitoreados no cumple con el límite admisible del Decreto 1594/84 para ser utilizadas como: aguas para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere de sólo desinfección y para fines recreativos mediante contacto primario y teniendo en cuenta que estos son algunos de los usos que la población asentada en esta microcuenca le da al agua, es importante recalcar que bajo estas condiciones de calidad microbiológica, es demasiado riesgoso para la salud de los usuarios seguir utilizando directamente esta agua sin antes realizar el tratamiento adecuado que permita eliminar o disminuir el valor de coliformes totales al aceptable de acuerdo a la norma.

Los resultados de coliformes totales y fecales en los puntos 1, 3, 5, 8 y 9 se encuentran dentro del límite admisible de acuerdo al Decreto 1594/84 por tanto, permiten determinar que los usuarios de la Quebrada Cuchicute exactamente en estos sitios pueden utilizar este recurso en época de verano sólo para actividades agrícolas y fines recreativos de contacto secundario sin que pueda acarrear daños a los productos y a su vez a la comunidad.

Comparando los resultados de coliformes totales y fecales de los nueve puntos monitoreados a lo largo de la Quebrada Cuchicute con el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 se observó, que todas las muestras analizadas cumplen con los límites establecidos para que el agua pueda ser utilizada como recurso para consumo humano y doméstico realizando tratamiento convencional, es decir, que

además de efectuar desinfección se realicen otro tipo de procesos preliminares que ayuden a disminuir aún más la carga microbiológica contaminante.

5. CONCLUSIONES

- Las características físico químicas evaluadas a lo largo de la Quebrada Cuchicute en época de verano presentan un comportamiento similar, todas las muestras cumplen con los valores admisibles del Decreto 475 del 10 de marzo de 1998 excepto los puntos 6 y 9 que presentan valores altos de hierro y turbiedad. Además las características como: cloruros, turbiedad, color, hierro y pH cumplen con los límites exigidos en el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 de acuerdo a los usos.
- La cantidad de coliformes totales, fecales y mesófilos encontrados sobre la Quebrada Cuchicute no cumple con los valores admisibles del Decreto 475 del 10 de marzo de 1998, por tanto perjudican la salud de la población asentada en esta microcuenca debido a que los acueductos veredales no cuentan con sistemas de tratamiento.
- La utilización de la Quebrada Cuchicute como recurso para consumo humano y doméstico requiere de tratamiento convencional.

6. RECOMENDACIONES

- Implementar sistemas de tratamiento convencional a los acueductos veredales que se abastecen de la Quebrada Cuchicute.
- Evitar el uso de la Quebrada Cuchicute en los puntos donde el recurso no cumple con los límites establecidos por el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 para el desarrollo de las actividades agrícolas y fines recreativos de contacto primario y secundario; con el fin de prevenir enfermedades como el tifo, el cólera, la amibiasis entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA MUNICIPAL. Plan básico de ordenamiento territorial. San Gil. 2003. 120 p.

AMAYA, Laura; GARCIA., Jorge y RIOS, Sonia. Manual de procedimientos técnicos, Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de San Gil. Colombia. 2001. 17, 28, 32, 37, 47, 80, 107 p.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: American Public Standard Association, 1995. 2-1 – 2-3, 2-25 – 2-28, 2-36 – 2-38, 2-53 – 2-54, 4-50 – 4-51 p.

ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: Mc Graw – Hill Interamericana, 2000. 47, 51, 644 p.

CENTRO NACIONAL DEL AGUA. Curso de tratamiento y control de calidad de agua potable. Santa Fe de Bogotá D.C.: CENAGUA, 2001. 1, 4, 8 - 10, 16 - 18 p.

CHRISTOPHERSON, R. An introduction to physical geography. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 10 p.

GARCIA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000. 151, 160, 162 - 165 p.

MERCK. Manual fotómetro SQ-118. 35, 47- 48 p.

METCALF y EDDY. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. 2 ed. Barcelona: Mc Graw - Hill, 1995. 103 p.

MINISTERIO DE SALUD. Decreto 475. Santa Fé de Bogotá. 10 de Marzo 1998. 6, 7, 11 p.

----- . Decreto 1594. Santa Fé de Bogotá. 26 de junio 1984. 274 - 276 p.

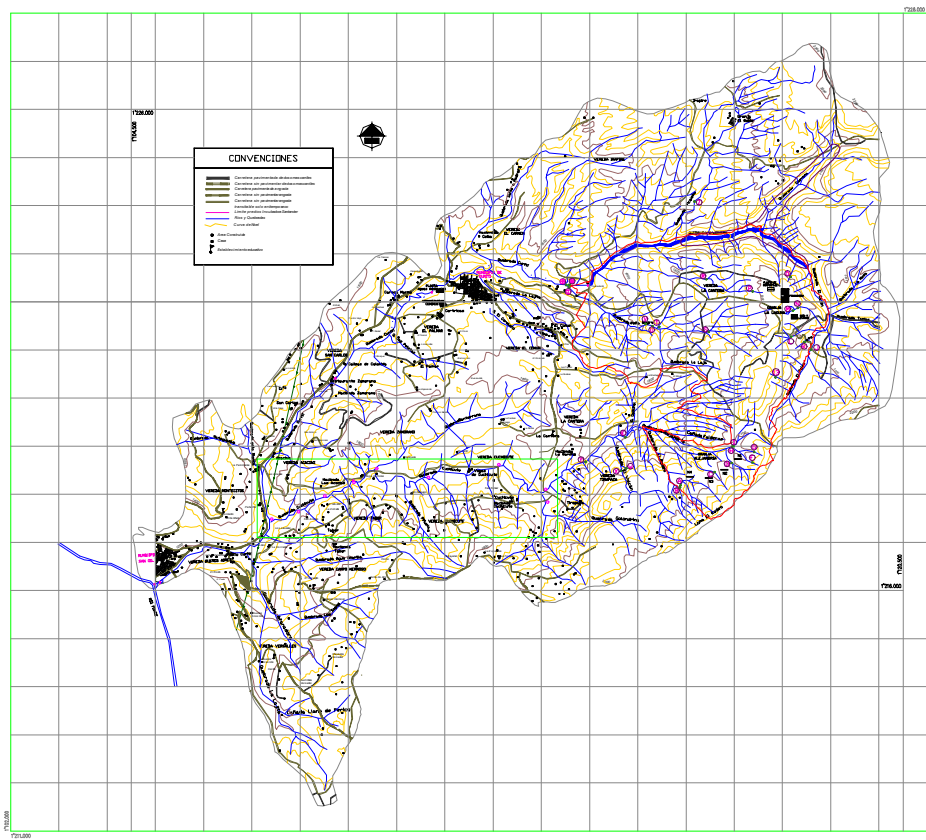
PUENTE BRUGES, Jairo. Factores asociados al deterioro de los recursos naturales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2002. 276 p.

ROMERO ROJAS, Jairo. Acuiquímica. Santa Fe de Bogotá: Departamento de Publicaciones Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. 135 p.

VARGAS FIALLO, Yolanda. Módulo de laboratorio de aguas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2003. 3 p.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa Hidrográfico de los municipios de San Gil y Curití



Anexo 2. Microcuenca Quebrada Cuchicute

ZONA DEL PROYECTO

