

“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO BOGOTÁ MÓDULO IV”

**CASO DE ESTUDIO TRAMO DESDE LA CONFLUENCIA DEL RÍO NEUSA
HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA AUTOPISTA NORTE – CAJICÁ.**

TRABAJO DE GRADO

IC – 025 -2009

JESÚS HERNANDO RAMOS CASTIBLANCO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2010**

“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO BOGOTÁ MÓDULO IV”

**CASO DE ESTUDIO TRAMO DESDE LA CONFLUENCIA DEL RÍO NEUSA
HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA AUTOPISTA NORTE – CAJICÁ.**

JESÚS HERNANDO RAMOS CASTIBLANCO

Informe final presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil.

Tutor: Ing. AURORA VELASCO RIVERA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2010**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MAYOR GENERAL (r) EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL

Rector

MAYOR GENERAL (r) GABRIEL E. CONTRERAS OCHOA

Vicerrector General

Dra. MARTHA LUCÍA BAHAMÓN JARA

Vicerrectora Académica

BRIGADIER GENERAL (r) ALBERTO BRAVO SILVA

Vicerrector Administrativo

ERNESTO VILLAREAL SILVA. Ph.D

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. DIEGO CORREAL

Director del Programa de Ingeniería Civil

APROBACIÓN

El trabajo final: “Caracterización Química del Agua Subterránea y Río Bogotá. Campus Nueva Granada. *Módulo IV*. Caso de estudio: tramo desde la confluencia del río Neusa hasta la intersección con la Autopista Norte – cajicá. En este trabajo se analizarán las variables de: *dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno*”, presentado por el estudiante Jesús Hernando Ramos Castiblanco, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el tutor:

Ing. Aurora Velasco Rivera
Tutor Universidad Militar Nueva Granada

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
ANEXOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Caracterización de la cuenca alta del río Bogotá	8
2.1.1 Calidad del agua	9
2.1.2 Caracterización del agua	10
2.1.3 Aguas residuales urbanas	10
2.1.4 Aguas residuales industriales	11
2.1.5 Tipos de contaminantes	12
2.1.6 Contaminantes habituales en las aguas	13
2.2 MUESTREO	14
2.2.1 Tipo de muestras	15

2.2.2	Identificación de la muestra	16
2.3	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
2.3.1	Climatología	20
2.3.2	Precipitación	20
2.3.3	Geología	22
2.3.4	Vegetación	24
2.3.5	Caudales.....	25
2.4	IMPORTANCIA DE LOS PARAMETROS DE MEDICIÓN	27
2.4.1	Dureza total.....	27
2.4.2	Cloruros	29
2.4.3	Oxígeno disuelto	30
2.4.4	Demanda biológica de oxígeno	31
2.4.5	Demanda química de oxígeno	31
3	MONITOREO	33
3.1	SITIOS DE MUESTREO.....	33
3.2	ACCESIBILIDAD	34
3.3	RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS	40
3.4	CUIDADO DE LA MUESTRA.....	41
4.	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	43
4.1	DUREZA TOTAL.....	46
4.2	CLORUROS.....	50
4.3	OXÍGENO DISUELTO	53
4.4	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	55

4.5	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO.....	58
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES.....	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	66

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Investigaciones realizadas entre 1980-1991.....	3
Cuadro 2. Investigaciones realizadas entre 1993 – 1997.....	4
Cuadro 3. Investigaciones entre 1999 – 2001.....	4
Cuadro 4. Parámetros de la norma	6
Cuadro 5. Programación para el monitoreo.....	34
Cuadro 6. Preservación de muestras de acuerdo con los análisis.....	42
Cuadro 7. Valores admisibles por decreto.....	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pruebas de campo.....	34
Tabla 2. Datos generales del pozo y del río.....	44
Tabla 3. Dureza total pozo y río Bogotá.....	47
Tabla 4. Cloruros en pozo y río Bogotá.....	51
Tabla 5. Oxígeno disuelto de pozo y río Bogotá.....	53
Tabla 6. Demanda química de oxígeno de pozo y río Bogotá.....	56
Tabla 7. Demanda biológica de oxígeno de pozo y río Bogotá.....	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trayectoria del río Bogotá	9
Figura 2. Localización Cajicá	18
Figura 3. Campus Cajica de la Universidad Militar Nueva Granada	19
Figura 4. Punto 1 agua río Bogotá	19
Figura 5. Punto 2 agua bombeada de pozo	19
Figura 6. Vegetación presente en la zona	25
Figura 7. Caudal	25
Figura 8. Tendencia regional de lluvias	26
Figura 9. Temperatura de pozo.....	35
Figura 10. Temperatura de río	33
Figura 11. pH de pozo	37
Figura 12. pH de río	38
Figura 13. Conductividad de pozo	39
Figura 14. Conductividad de río.....	40
Figura 15. Datos generales del Pozo.....	45
Figura 16. Datos generales del río	45
Figura 17. Dureza total de pozo.....	48
Figura 18. Dureza total de río	49
Figura 19. Cloruros de pozo	51
Figura 20. Cloruros de río	52
Figura 21. Oxígeno disuelto de pozo	54
Figura 22. Oxígeno disuelto de río	55
Figura 23. DQO de pozo	56
Figura 24. DQO de río	57
Figura 25. DBO de pozo	59
Figura 26. DBO de río	60

ANEXOS

Anexo 1. Guía laboratorio dureza Total

Anexo 2. Guía laboratorio cloruros

Anexo 3. Guía laboratorio oxígeno disuelto

Anexo 4. Guía laboratorio demanda biológica de oxígeno

Anexo 5. Guía laboratorio demanda química de oxígeno

RESUMEN

El trabajo grado corresponde a la caracterización Química del Agua Río Bogotá y agua bombeada de pozo subterráneo, ubicado en el campus cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada. El módulo IV contempla el análisis de las variables de: dureza, *cloruros*, *oxígeno disuelto*, *demanda biológica de oxígeno* y *demanda química de oxígeno*, se desarrolla con el fin de obtener una relación entre la calidad del agua y la normativa colombiana. Los resultados obtenidos en la caracterización muestran que en la mayoría de los casos los valores son superiores a los fijados como máximos admisibles en el Decreto 1594 del 84 y 475 del 98 para uso agrícola y humano. El agua de río Bogotá tramo campus Cajicá puede ser utilizada para riego de plantas no consumibles por el hombre, el agua de pozo subterráneo podría usarse para consumo humano, estableciendo un sistema de saneamiento que permita cumplir con las exigencias mínimas por Decreto.

ABSTRACT

The degree work is about the characterization of chemical water of río Bogotá and water pumped from underground well located in the Cajicá Campus of University Military Nueva Granada. Module IV includes the analysis of the variables: hardness, chloride, dissolved oxygen, biological oxygen, demand and chemical oxygen demand. This Project is carried out in order to obtain a relationship between water quality and Colombian law. The characterization results show that in most cases the values are higher than the maximum allowed as established in decree 1594 of 84 and 98475 for agricultural and human use. The water from Bogotá in Cajicá Campus can be used to irrigate plants which are not attended by people, the underground well water could be used for human consumption, after establishing a system of sanitation to act in accordance with the decree.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado “Caracterización química del agua del río Bogotá módulo IV” presenta el análisis químico y biológico del agua proveniente del pozo ubicado en el Campus Nueva Granada y del Río Bogotá que pasa por sus inmediaciones, en el municipio de Cajicá. Los análisis realizados son: dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Los resultados obtenidos de la caracterización se comparan con la norma colombiana vigente para uso agrícola y humano, con el fin de determinar si es posible utilizar las dos fuentes hídricas (Río Bogotá y pozo subterráneo) para abastecer de agua al campus universitario Cajicá, al menos después de algún tratamiento de tipo físico químico. De otro modo toda el agua tendrá que comprarse directamente al Municipio de Cajicá, que revende la proveniente del acueducto de Bogotá a un precio mayor.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se presenta en este capítulo la formulación, descripción, antecedentes, justificación y objetivos que darán el alcance al desarrollo de la caracterización e investigación de las dos fuentes de agua río Bogotá y pozo subterráneo.

1.1 FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación de los ríos ha desmejorado la calidad del agua por lo cual cada vez mas se disminuye la posibilidad de tener un agua con características acordes a la calidad que exige la normativa vigente, por esta razón es necesario establecer controles o monitoreos sobre las fuentes.

El tramo del río Bogotá que pasa por el Campus Nueva Granada se encuentra afectado por vertimientos de carácter doméstico, agropecuario e industrial de varios municipios. La caracterización química y biológica del agua subterránea y del agua del río Bogotá forma parte de un estudio amplio que busca dar uso a este recurso dentro de las instalaciones del Campus Nueva Granada y además aportará un documento inicial para elaboración de las guías de laboratorio para los ensayos específicos de: dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y demanda Química de Oxígeno, siguiendo los lineamientos del Standard Methods y los decretos 1594 de 1984 y 475 de 1998.

1.2 ANTECEDENTES

La cuenca del río Bogotá es una de las zonas más contaminadas del país, debido a los vertimientos de origen agrícola, minero, ganadero e industrial.

Los estudios en el río Bogotá iniciaron en la década de 1950, cuando por primera vez se mostró en cifras el problema de contaminación. Desde 1950 hasta 1980, existieron estudios acerca de la calidad del agua del río Bogotá. Estos estudios no se realizaron de forma periódica debido a que no se identificó la importancia de este afluente como fuente de suministro, sino como corriente receptora de aguas lluvias y servidas tanto para la ciudad de Bogotá como para algunos municipios aledaños.

A continuación se muestra un resumen de estudios que se efectuaron entre 1980 y 2001. Ver cuadros 1-3.

Cuadro 1. Investigaciones realizadas entre 1980-1991¹

AÑO	AUTOR	CONCLUSIÓN
1980 – 1982	CAR - Universidad Nacional	Se hizo un recuento de los datos obtenidos hasta la fecha.
1982	Hidro-estudios Black & Veatch Int'l – EAAB	Se analizaron los principales aspectos físico-químicos en el sector de la Laguna del Valle y Tocancipá.
1985	Gaviria – Rodríguez	Evaluación físico-química del agua, mencionando la variación de la calidad del agua del río desde su nacimiento hasta la planta de Tibitoc, por efecto de la contaminación.
1987	Galeano	Concluyó que el río presentaba una óptima calidad en su nacimiento, la cual se deterioraba gradualmente, debido a la variedad de descargas realizadas en la zona.
1991	Naranjo	Registró para la bocatoma sur (entrada Tibitoc) y la Dársena (salida Tibitoc) valores de algunas variables físico-químicas, incluyendo datos de metales pesados.

Cuadro 2. Investigaciones realizadas entre 1993 - 1997²

¹ Corporación Autónoma Regional, CAR (1991)

AÑO	AUTOR	CONCLUSIÓN
1993	Mojica	Estudio en la parte alta del río, entre el nacimiento y Tibitoc, encontrando que la calidad del agua sufre una gran alteración a pocos kilómetros del nacimiento.
1997	Tibitoc	La baja calidad del río se conserva en el tramo comprendido entre Villapinzón y Chocontá, debido a la perturbación relacionada con las diversas actividades antrópicas en esta zona.
1995	CAR - Programa de saneamiento de la cuenca alta del río Bogotá	Se efectuaron visitas a las curtiembres de Villapinzón y Chocontá, con el fin de establecer la problemática generada por los malos manejos de las curtiembres y sus vertimientos al río.
1996	CAR - Programa de aforo y muestreo del río	Compendio de las actividades y resultados obtenidos durante los 12 meses de muestreo del río.
1995 – 1997	Fundación al Verde vivo	Resultados de algunos análisis físico-químicos realizados anteriormente sobre la cuenca alta del río Bogotá.

Cuadro 3. Investigaciones entre 1999 – 2001³

AÑO	AUTOR	CONCLUSIÓN
1999	CAR	Este programa permitió desarrollar una metodología de concertación entre municipios, empresarios y la autoridad ambiental.
2000	Magda Carolina Torres. Universidad de los Andes. Proyecto de grado	Existe una relación inversamente proporcional entre la concentración de OD y la concentración de sulfuros. Hay una emisión de sulfuros a la atmósfera debido a que estos no alcanzan a diluirse.
2001	Paola Godoy. Universidad de los Andes. Proyecto de grado	Es evidente que los vertimientos de las curtiembres del municipio de Villapinzón afectan la calidad del agua, alterando variables como OD, conductividad, cloruros, SST, Calcio y dureza total.
2001	Tatiana Rodríguez. Universidad de los Andes. Proyecto de grado en maestría.	El río comienza a ser contaminado desde el momento en que pasa por la zona urbana de Villapinzón. Al implantar plantas de tratamiento que usen procesos biológicos, físicos y químicos, se disminuyen los efectos nocivos de los contaminantes en el río.
2001	Gobernación de Cundinamarca	La población aledaña a la cuenca sufre en un 44,4% enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas ocasionadas por la baja calidad del agua potable.
2005	Robinsón Darío Jiménez corredor. UMNG proyecto de grado.	Oferta y demanda de calidad del agua del río Bogotá análisis técnico.

² Corporación Autónoma Regional, CAR (1997)

³ Corporación Autónoma Regional, CAR, Univ. de los Andes, Fundación al verde vivo, Gobernación de Cundinamarca. (2001)

En el año 2000 La Universidad Militar inició la investigación “Identificación y prueba de bioindicadores y recuperadores para la descontaminación de la cuenca alta del río Bogotá”, mediante la cual se hizo un diagnóstico aproximado de las condiciones del río, siendo punto de partida para estudios más profundos.

También se clasificó el grado de importancia de las variables físico-químicas, para encontrar la confiabilidad entre ellos, encontrando que el grupo de variables que demostró una correlación importante fue el amonio, OD, DQO, DBO y pH. Las variables que más se ajustaron a la tendencia general de los valores fueron la temperatura del agua, el pH, el cromo y la DQO.

Se observó que una de las variables más importantes en la calidad del agua es el pH, que interviene en forma significativa en los equilibrios de diferentes sustancias químicas.⁴

1.3 JUSTIFICACIÓN

El tramo del río Bogotá que pasa por el Campus Nueva Granada se encuentra afectado por vertimientos de carácter doméstico, agropecuario e industrial de varios municipios. La caracterización química y biológica del agua subterránea y del agua del río Bogotá forma parte de un estudio amplio que busca dar uso a este recurso dentro de las instalaciones del Campus Nueva Granada y además aportará las guías de laboratorio para los ensayos, específicos de: dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda biológica de

⁴ (Mora J, Porras P. 2002).

oxígeno y demanda química de oxígeno. Este estudio presente identifica la calidad del agua y establece las condiciones de reuso y/o vertimiento.

Al tener una relación de la calidad del agua subterránea, del agua tramo del río Bogotá, Campus Cajicá Nueva Granada y la calidad que exige los usos actuales, se conocería la realidad ambiental del uso de esta dos aguas, la del río y la del pozo. Se obtendría una optimización y sectorización de sus usos, se evitarían posibles riesgos sanitarios y se podría valorar los reusos. En caso de incumplimiento de los estándares establecidos en la presente resolución, el DAMA impondrá las medidas preventivas y sancionatorias a que hace referencia el Artículo 85 de la Ley 99 de 1993.

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y/o a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos en el cuadro 4.

Cuadro 4. Parámetros norma.⁵

PARÁMETRO EXPRESADOS EN LA NORMA	VALORES ADMISIBLES
Dureza	160 mg/L CaCO ₃
Cloruros	250 mg/L Cl ⁻
Oxígeno Disuelto	4.0 a 5.0 mg/L O ₂
DBO ₅	1000 mg/L O ₂
DQO	2000 mg/L
DBO ₅ para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga
DBO ₅ para desechos industriales	Remoción > 20% en carga
pH	Unidades 5-9
Temperatura Grados centígrados	(° C) <30
conductividad	50 -1000 micromhos/cm

⁵ Estándares establecidos Decreto 1594 de 1984.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar la caracterización química y biológica del agua del río Bogotá y de un pozo subterráneo ubicado en el campus Cajicá de la UMNG, teniendo en cuenta los parámetros de: dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar la ubicación adecuada donde se van a desarrollar los muestreos del proyecto a partir de visitas técnicas al campus universitario neogranadino, con el fin de obtener la información requerida para su posterior análisis.
- Comparar los valores admisibles permitidos por la normatividad nacional con los valores obtenidos en la caracterización.
- Señalar el posible uso del agua del río Bogotá dentro de las instalaciones del campus universitario de acuerdo con los resultados arrojados en el laboratorio, con el fin de aprovechar este recurso en el funcionamiento de la universidad.
- Actualizar las guías de laboratorio correspondientes a los ensayos realizados para este trabajo.

2 MARCO TEÓRICO

Este capítulo está dedicado a la presentación de aspectos fundamentales acerca de la caracterización de las aguas de río de Bogotá y de un pozo subterráneo. La calidad del agua, el tipo, la clasificación de contaminantes, forma de muestreo y la descripción del área de estudio hace que exista un proceso adecuado para el análisis y adaptación del agua para reuso.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ

El río Bogotá nace en el páramo de Guacheneque que limita con el municipio de Villapinzón al norte de Cundinamarca, a una altura de 3.200 msnm, recorre la provincia de Almeidas y la Sabana de Bogotá de norte a sur bañando con sus aguas los municipios de Villapinzón, Chocontá, Suesca, Sesquillé, Gachancipá, Tocancipá, Cajicá, Chía, Cota, Funza, Mosquera y Soacha. En la cuenca alta el río tiene un caudal medio de 10 m³/s. Descendiendo 2920 m hasta llegar a la desembocadura del río Magdalena.

La cuenca hidrográfica del río Bogotá es una de las 14 cuencas principales con que cuenta el departamento de Cundinamarca; se extiende diagonalmente sobre el territorio departamental y ocupa un área de 4305 km². Se encuentra localizado entre las coordenadas planas 1.055.000N; 1.035.000E; 1.080.000N y 1.065.000E.⁶

⁶ Rivero G, Uribe M. (2003). Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos.

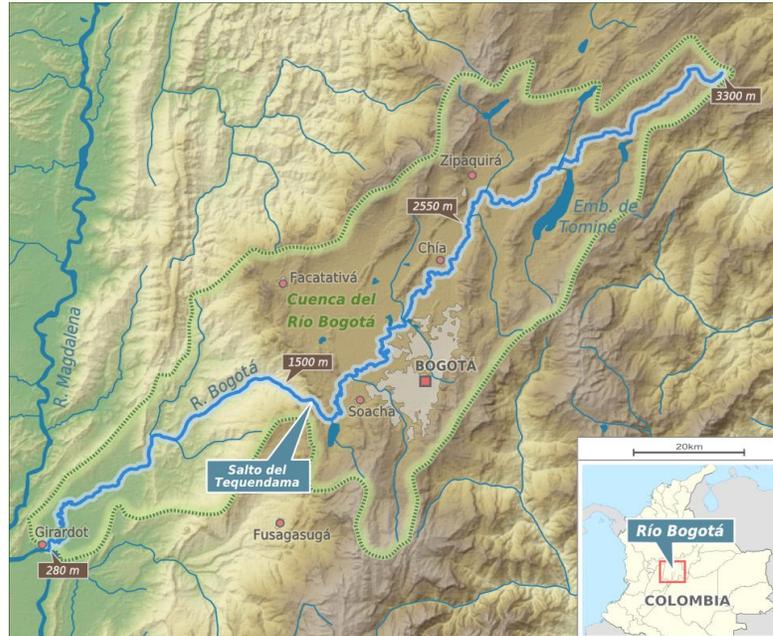


Figura 1. Trayectoria río Bogotá.⁷

En la cuenca alta del río se han construido una serie de plantas de tratamiento. Desafortunadamente los municipios que tenían la responsabilidad de operar y mantener estas plantas no lo hicieron por falta de interés y de capacidad. Por eso la Corporación Ambiental Regional (CAR) de Cundinamarca tenía que operar estas plantas, a pesar de que la misma institución está encargada de la regulación ambiental en la misma cuenca.

2.1.1 Calidad del Agua

Existen diferentes términos para describir la calidad del agua, por lo que resulta conveniente tener en claro el significado de dichos términos con el fin de evitar confusiones y errores en su empleo.

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rio_Bogota_map.png#file

Polución es un término de uso general que significa introducir condiciones indeseables a un agua, haciéndola ofensiva al gusto o al olor y no satisfactoria para uso doméstico o industrial.

Aguas puras, en el sentido estricto de la palabra, no existen en la naturaleza; por consiguiente, se usa el concepto de agua segura y de agua potable. El agua segura es aquella cuyo consumo no implica ningún riesgo para la salud del consumidor, mientras que el agua potable es aquella que además de ser segura, es satisfactoria desde el punto de vista físico, químico y biológico, es decir, atractiva para su consumo.

2.1.2 Caracterización del Agua

La caracterización del agua tiene como objetivo conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos con el propósito de definir sus usos que pueden ser: de consumo humano, agrícola, industrial, recreacional o como recurso asimilatorio de descargas contaminantes. La presentación adecuada de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite visualizar no solo los aspectos relacionados con su composición química y microbiológica, sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento.

En la presentación de los análisis de aguas se debe tener como objetivo la sencillez de su interpretación, tanto numérica como gráfica.

2.1.3 Aguas Residuales Urbanas: Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales
- Aguas de lavado doméstico
- Aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas
- Aguas de lluvia y lixiviados

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

2.1.4 Aguas Residuales Industriales: Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Las aguas residuales industriales son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace

que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

2.1.5 Tipos de Contaminantes

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.).

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son:

Contaminantes Orgánicos: Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria. Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

Proteínas: Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.

Carbohidratos: se incluyen en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

Aceites y Grasas: altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

Otros: incluye varios tipos de compuestos, como los tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.

Contaminantes Inorgánicos: Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicos, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria.

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante.

2.1.6 Contaminantes habituales en las aguas

Arenas: constituidas por una serie de partículas de diferentes tamaños granulométricos tales como: grano de arena o arenisca cuyo tamaño varía entre 2 mm, partículas de 0.004 mm son limos y de 64 mm se denominan grava, en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

Grasas y Aceites: sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de

natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Residuos con requerimiento de Oxígeno: compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

Nitrógeno y Fósforo: Tienen un papel fundamental en el deterioro de los cuerpos hídricos, su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes. El nitrógeno orgánico se hace presente en las aguas residuales a través de las excretas humanas.

Agentes Patógenos: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

Otros contaminantes específicos: provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

2.2 MUESTREO

Para determinar la caracterización del río en este sector es necesario realizar un muestreo periódico. A continuación se especifica algunos términos relacionado con el muestreo.

Muestreo manual. Las muestras manuales generalmente se toman en un período corto de tiempo y también son llamadas muestras puntuales. Existen diferentes equipos necesarios para medir cada variable, los cuales varían en tamaño, forma y costo. Esto dependerá de las condiciones del sitio y condiciones económicas. Se encuentran desde baldes o jarras plásticas con una cuerda amarrada en su extremo hasta bidones que a diferencia de los anteriores, ofrecen una muestra mucho más representativa. Se pueden utilizar recipientes de vidrio o plástico de polietileno, correctamente tapados, verificando que por ningún caso haya filtración de aire.

2.2.1 Tipo de muestras. Existen muestras simples o puntuales, compuestas e integradas según se requiera para cada tipo de estudio y caracterización.

Muestras puntuales. Son las tomadas instantáneamente y analizadas por separado. En general, la mayoría de muestras en ingeniería ambiental son de este tipo.⁸ Se recolecta una muestra puntual cuando:

- Las descargas del agua residual son intermitentes, por ejemplo cuando se almacena en tanques y se descarga una vez estos se llenan.
- Las características del desecho son constantes en cuanto a flujo y descarga.
- Para algunas variables se requiere siempre muestra puntual: grasas y aceites, bacteriológico, sulfuros, oxígeno disuelto, plaguicidas, cloro residual.
- El agua residual presenta variaciones extremas en su composición.

⁸ Sawyer. (2001).

Muestras compuestas. Se usan principalmente para evaluar la eficiencia de los equipos de tratamiento de las aguas residuales, cuando es conveniente trabajar con un promedio de los resultados. Estas muestras se recolectan a intervalos regulares, generalmente cada una o dos horas, y se reúnen en una gran muestra en un periodo de 24 horas. En estas condiciones, se considera que los tiempos de retención se anulan entre sí y la única condición que se debe cumplir es que la cantidad de cada muestra individual se tome en proporción al flujo de ese momento.⁹

Muestras integradas. Para ciertos propósitos, es mejor analizar mezclas de muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos, o lo más cercanas posible. Un ejemplo de la necesidad de muestreo integrado ocurre en ríos o corrientes que varían en composición a lo ancho y profundo de su cauce. La recolección de muestras integradas requiere generalmente de equipos diseñados para tomar muestras de una profundidad determinada sin que se contamine con la columna de agua superior (botella de Kemmerer).¹⁰

2.2.2 Identificación de la muestra

La identificación de la muestra debe estar en un rótulo adherido al recipiente se debe marcar con tinta indeleble y debe contener como mínimo:

- Número de la muestra y sitio de muestreo
- Análisis preliminares: temperatura, pH, conductividad.
- Fecha, hora de recolección y nombre del recolector.
- Municipio y vereda.

⁹ Sawyer. (2001)

¹⁰ Maskew. (1990)

Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente, de tal manera que este se pueda reconstruir sin tener que confiar en la memoria de los recolectores; por ello, los datos de identificación de la muestra y el diligenciamiento de las remisiones deben hacerse en el sitio de recolección para evitar confusiones.

No olvidar anotar en las observaciones todos los detalles que contribuyan a un tratamiento correcto de la muestra, por ejemplo, proceso que se lleva a cabo, apariencia del agua, estado del tiempo, dificultades durante el muestreo.¹¹

Cuidados de la muestra. A partir del momento en que se toma la muestra y se retire de la fuente se empieza a presentar variaciones en la concentración de los parámetros a determinar. La confiabilidad y representatividad de la muestra depende de que tan efectiva sea su preservación. Es de anotar que la concentración de distintas variables se ve afectada por reacciones biológicas, químicas y físicas. Para ello, es necesario tener un plan de preservación de nuestras muestras, entre las que se encuentran:

Refrigeración. Se almacenan a temperaturas menores de 4 °C, en total oscuridad. Este proceso retarda la actividad biológica y reduce las acciones físicas y químicas.

Preservación química. Según sea la variable que se va a medir, se adicionarán sustancias químicas que hacen un efecto fijador de la

¹¹ APHA. (1976).

concentración, manteniéndola en condiciones similares a las del momento de muestreo, mientras se analiza en el correspondiente laboratorio.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para el caso de la zona de estudio, la contaminación de la cuenca alta del río está ligada a la gran cantidad de residuos orgánicos de poblaciones relativamente cercanas y aportes industriales que maximizan el nivel de contaminación, los cuales reducen casi al mínimo la calidad del agua, generando grandes disminuciones de oxígeno disuelto y aumentos de DBO y DQO y otros parámetros como conductividad, cloruros, dureza, contenido de sólidos, entre otros. Al conocer las características iniciales de la cuenca y los diferentes impactos a los que se ve expuesta, resulta necesaria una delimitación de la zona. Para esto, se establecieron dos puntos de chequeo, uno ubicado sobre el río Bogotá otro en un pozo, ambos dentro de los predios del campus nueva granada en cajicá.



Figura 2. Localización de Cajicá¹²

¹² <http://www.cajica-cundinamarca.gov.co>



Figura 3. Campus cajica de la Universidad Militar Nueva Granada.



Figura 4. punto 1 agua río Bogotá



Figura 5. Punto 2 Agua bombeada de pozo.

2.3.1 Climatología

La Climatología es la rama de la Geografía que se ocupa del estudio del clima y del tiempo, de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada cuantitativamente mediante variables de tipo estadístico como promedios, varianzas, probabilidades de valores extremos, y otras con respecto a los registros de las variables meteorológicas de una región determinada. En la zona de estudio se registra una temperatura promedio de 14.5 °C, una temperatura máxima de 19.5° C y una mínima de 11.5 °C.

Para tener un conocimiento amplio de la climatología, es necesario el estudio de otros componentes como: la precipitación, la Geología, la Vegetación, los Caudales y lo Suelos.

2.3.2 Precipitación

Es cualquier forma de agua que cae del cielo. Esto incluye lluvia, nieve, neblina y rocío. La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua o pedazos de hielo que se forman, caen a la Tierra por gravedad.

La determinación de los valores precipitados para cada una de las modalidades mencionadas se efectúa con instrumentos especiales estandarizados y registrándose los valores en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los valores indicados para localidades diferentes sean científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad.

La Precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

Los recursos hídricos de la cuenca alta del río Bogotá están conformados por ríos, quebradas, lagunas, río Bogotá y sus aguas fluyen hacia el sureste para desembocar al río Magdalena en Girardot a 280 m.s.n.m. drenando las aguas de una cuenca de 6000 Km², con aproximadamente 7 millones de habitantes y 40 municipios.¹³

En su recorrido de 375 Km., drena las aguas de 599.568 ha de superficie a través de los ríos Sisga, Neusa, Tibitó, Negro, Teusacá, Frío, Chicú, Salitre, Funza, Tunjuelito, Balsillas – que recoge las aguas del río Subachoque y Bojacá- Calandaima y Apulo, creando una red hidrográfica con diversidad de paisajes y condiciones topográficas y climatológicas típicas de la zona tropical andina.

El parámetro climático más importante para la determinación y diferenciación de las zonas climáticas, lo constituye la precipitación y su comportamiento en el área de estudio (Cuenca Alta del río Bogotá), cuyos valores se encuentran en un rango que varía entre los 745 y 1941 mm/año.¹⁴

¹³ <http://www.ucentral.edu.co/pregrado/escuelaingehidricos/mem>

¹⁴ Rivero G, Uribe M. (2003)

2.3.3 Geología

El área en estudio presenta múltiples grupos de rocas sedimentarias; en su mayoría depositadas y plegadas en los períodos geológicos del Cretáceo, la era Terciaria y en el Cenozoico, y que corresponden a las siguientes formaciones:¹⁵

La Formación Guadalupe que resulta del depósito de arenas. Su característica principal es que con respecto a las demás formaciones, esta es mucho más resistente a la erosión por su bajo contenido de arcillas.

La formación de Guaduas que está constituida por arcillas, y lodolitas de variados colores, intercaladas con areniscas, que tienen formas suaves y fueron depositadas por los ríos, donde se forman extensas zonas pantanosas en las que se acumulan los restos de las plantas para formar lo que se denomina turbas.

La Formación Bogotá y Regadera constituida por sedimentos con arcilla y arena originados por movimientos tectónicos, que presentan manchas de color rojizo o violáceo.

La formación Tilatá que corresponden a los depósitos de sedimentos fluviales y de arenas, gravas y bloques está constituida por arcillas de diversos colores.

¹⁵ Tesis de Grado: Ing. Gloria Martínez, Modelo Hidrológico Cuenca Alta del Río Bogotá – Fase 1. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, 2001.

Varios estudios geológicos han sido realizados en el departamento de Cundinamarca, los cuales han dado a conocer las diferentes formaciones geológicas que conforman el sustrato del área del Municipio de Cajicá.

En referencia a la heterogeneidad del suelo presente en la zona de estudio, se pueden establecer las siguientes características:

Textura: El suelo posee una apariencia franco-arcillosa con una distribución y tamaño similar de las partículas que conforman el sustrato. Estas características permiten retener mayor cantidad de agua y nutrientes.

Consistencia: Se encuentra definida por la humedad y la textura del material predominante de la zona, que generalmente presenta valores altos lo que define que sean pegajosos y plásticos.

Estructura: Por la por la interacción de arcilla y material orgánico y por las variaciones periódicas en la humedad y la temperatura, se generan formas sub-angulares, que facilitan el desarrollo de planos de debilidad y fisuras por donde entran aire y agua al sustrato.

Color: Debido a la materia orgánica que contiene el material, se pueden reconocer los colores negro, pardo y gris más fácilmente en las zonas más elevadas. En otras zonas se presentan manchas en los suelos, que indican limitaciones de oxígeno y excesos de humedad.

Drenaje: A medida que el suelo adquiere profundidad el contenido de arcilla aumenta, las texturas son cada vez más finas y el movimiento del agua a través del perfil se hace más difícil generando así un drenaje interno muy lento.

En lo que respecta a la hidrogeología es importante tener en cuenta que esta zona está básicamente constituida por tres unidades geomorfológicas, la planicie, piedemonte y montaña, y que estas a su vez incluyen otras formas como la sabana, laderas, sub-páramo y páramo, se puede establecer la variación del agua de escorrentía de infiltración disponible en la cuenca, es decir, que a medida que asciende en altitud sobre la topografía este valor aumenta rápidamente. Para este caso si solo se evalúan los recursos hídricos de la cuenca del río Bogotá, se pueden reconocer como afluentes principales los ríos Checua Barandillas, río Frío, Chicú, Subachoque Balsillas, Tejar, Sisga, Siecha, Teusacá, entre otras que se han vuelto estacionales o se han secado. Esta pérdida de fuentes hídricas se puede deber a la deforestación, la cual ha disminuido fuertemente el nivel freático suspendido, tanto así que puede llegar a desaparecer y ocasionar una gran disminución de la infiltración de agua hacia el nivel freático principal.

2.3.4 Vegetación

La vegetación que se observa en el río, es de plantas gramíneas, fabáceas y pteridofitas. En algunos casos en los alrededores se observaban cultivos, también se evidenciaban juncos¹⁶.

¹⁶ Meybeck M. La contaminación de los ríos. Mundo científico No. 104. Vol. 10. 1990. <http://www.hardessen.cl/fotos/agua/juncos2.jpg>



Pastos

Eucaliptos

Juncos

Figura 6. Vegetación presente en la zona

2.3.5 Caudales

En la cuenca del río Bogotá LA CAR (Corporación Autónoma Regional) realiza un monitoreo en niveles de caudales diarios, empleando la red hidrometeorológica.



Figura 7. Caudal

El caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Las lluvias en el mes de septiembre de 2009 fueron escasas, en octubre de este mismo año se reactivaron en la mayoría del territorio, los valores obtenidos estaban por debajo del periodo histórico, se incrementaron de forma moderada, especialmente en los paramos del departamento de cundinamarca. Las lluvias en los periodos de octubre y noviembre no han sido homogéneas¹⁷, como se aprecia en la figura 8

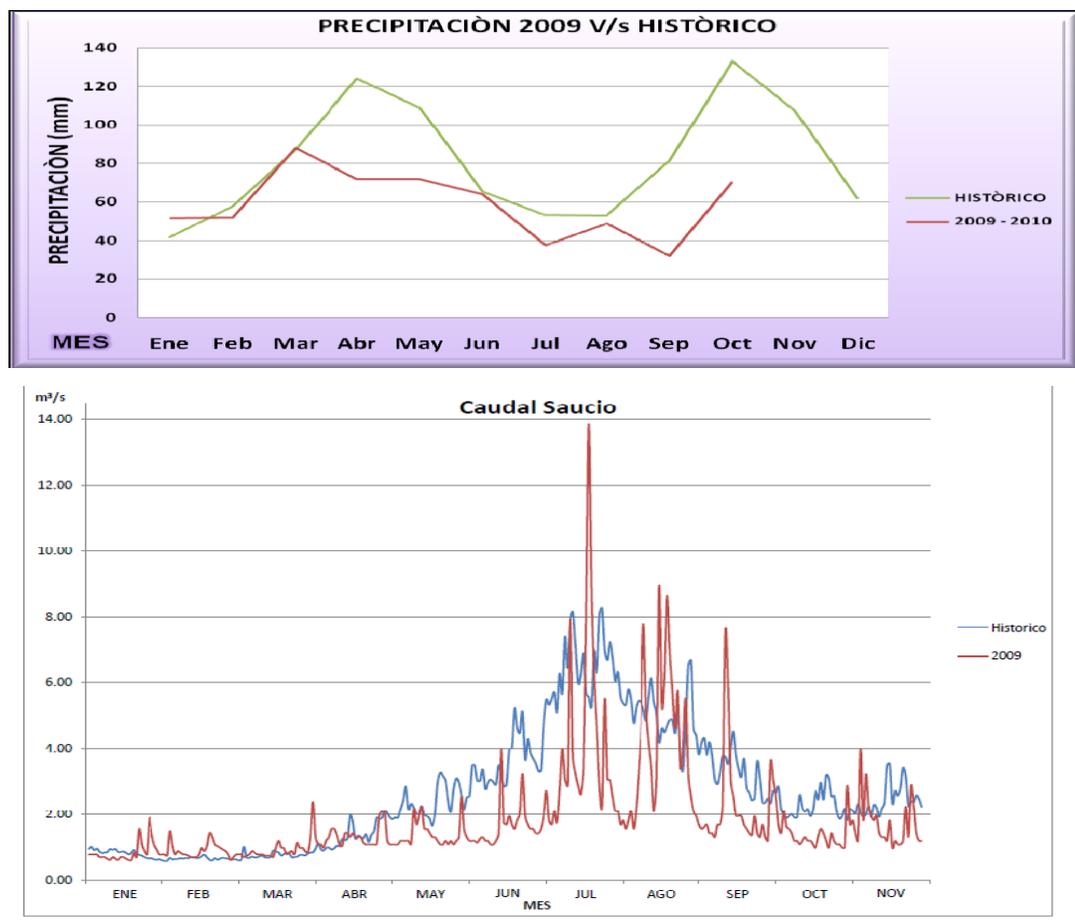


Figura 8. Tendencia regional de lluvia 2009 cuenca alta río Bogotá.

¹⁷ http://www.car.gov.co/documentos/11_20_2009_4_38_47_PM_Bolet

El comportamiento de lluvias sobre la zona alta del río Bogotá en octubre especialmente, se presentaron incrementos muy interesantes en los niveles del río, como se observa en la figura 8, las demás corrientes tuvieron una recuperación significativa de los caudales.

En los meses de enero a marzo se presenta la primera temporada seca del año 2010 debido a la presencia de “El Niño”. Por tal razón la probabilidad de reporte de temperaturas altas fueron positivos, así como una reducción significativa de las lluvias.

2.4 IMPORTANCIA DE LOS PARAMETROS QUE SE VAN A ANALIZAR

Los parámetros realizados pueden tener efectos diferentes sobre la calidad del agua y pueden variar de acuerdo con el uso, ya sea agrícola o de consumo humano. Para este trabajo se realiza los siguientes parámetros:

2.4.1 DUREZA TOTAL

La dureza del agua tiene que ver con la presencia de calcio y magnesio expresada como mg/L de carbonato de calcio, que evita que el jabón forme espuma abundante. Se presentan dos tipos de dureza, de carbonatos y no carbonácea y se elimina en un tratamiento con cal, cenizas de soda, carbonato de sodio, permutadotes catiónicos o la combinación de los anteriores¹⁸.

La consecuencia inmediata de un agua dura es provocar incrustaciones en los equipos de contención y conducción de agua caliente. Para eliminar la dureza en el agua es conveniente eliminar primero la turbiedad y el color

¹⁸ MASKEW FAIR. (1990).

aparente, ya que esto puede afectar la respuesta del indicador. Además con la presencia de sustancias como cobre, hierro, níquel y aluminio, los resultados podrían ser errados.

Para una buena titulación es necesario mantener en el laboratorio una temperatura adecuada, ya que si la muestra esta muy fría la reacción es lenta y si está muy caliente el indicador no reacciona. La determinación no debe durar más de 5 minutos a partir de la adición del buffer.

Existen varias clases de dureza como:

Dureza carbonácea o temporal: Es cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de alcalinidades de carbonato y bicarbonato. Es el tipo de dureza que desaparece cuándo se hierve el agua, debido a la formación de carbonato de calcio (CaCO_3). La precipitación de la dureza carbonácea produce una incrustación que es removible mediante soplado y agua a presión.

Dureza no carbonácea o permanente: La cantidad de dureza que excede a la dureza carbonácea o temporal está y se debe a la presencia de sulfatos, cloruros y nitratos de magnesio y calcio. La alcalinidad está estrechamente ligada a la dureza, por lo cual cuándo ésta se debe a la presencia de carbonatos y/o bicarbonatos, su valor generalmente se aproxima al de la dureza.

Las fuentes naturales de la dureza del agua provienen del terreno y son ocasionadas por la presencia de rocas sedimentarias, percolaciones y escorrentía. El agua dura generalmente se origina en áreas dónde la capa

superior del suelo es gruesa y existen formaciones calcáreas. Por lo general el agua subterránea es más dura que el agua de superficie.

Las dos principales fuentes industriales de dureza son las industrias químicas inorgánicas y las industrias mineras. También se emplea en la producción de pulpa y papel, refinerías azucareras y de petróleo, curtiembres y como producto químico en el tratamiento del agua potable y residual.

2.4.2 CLORUROS

En la naturaleza el cloro se encuentra distribuido en forma de sales de sodio (NaCl), de potasio (KCL) y de sales de calcio (CaCl^2). La mayor cantidad de cloruro existente se encuentra en los océanos.¹⁹

El cloruro en forma de ión Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable el sabor salado producido por el cloruro es variable y depende de la composición química del agua. La concentración de cloruro es mayor en las aguas residuales que en las naturales, debido a que el cloruro de sodio (NaCl) es común en la dieta y pasa inalterado a través del sistema digestivo. A lo largo de las costas, el cloruro puede estar presente en concentraciones altas por el paso del agua de mar a los sistemas de alcantarillado.

La presencia de cloruros en las aguas naturales, puede deberse a:

- Disolución de depósitos de sal.

¹⁹ MASKEW FAIR. (1990).

- Contaminación que resulta de regar sal en las carreteras para controlar el hielo y la nieve.
- Descargas de efluentes de las industrias químicas.
- Explotación de pozos petrolíferos.
- Descargas de aguas servidas.
- Drenaje de irrigaciones.

Cada una de estas fuentes puede ocasionar contaminación local tanto del agua superficial como subterránea. Sin embargo, el ión cloruro es de gran movilidad y eventualmente puede llegar hasta las cuencas cerradas o los océanos.

Las concentraciones elevadas de cloruros dan un sabor desagradable al agua. Los umbrales de sabor en el caso de los cloruros (de sodio, potasio, calcio) se encuentran en la escala de concentraciones de iones cloruro de 200 a 300 mg/L. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las condiciones y estructuras metálicas especialmente en aguas de escasa alcalinidad, y perjudicar el crecimiento vegetal.

2.4.3 OXÍGENO DISUELTO

El O. D. se presenta en cantidades variables y bajas en el agua, su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos.

Los valores de O. D. en aguas son bajos y disminuyen con la temperatura. El oxígeno libre en solución, especialmente cuando está acompañado de CO^2 , es un agente de corrosión importante del hierro y el acero.

El procedimiento mas importante es el de la modificación del nitruro mediante el método de Winkler. Este es el más indicado para eliminar la interferencia producida por nitritos presentes en la muestra.

2.4.4 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO ($DBO_5^{20^{\circ}C}$)

La $DBO_5^{20^{\circ}C}$ corresponde a la cantidad de oxígeno disuelto usado por los microorganismos en la degradación (oxidación) biológica de la materia orgánica contenida en agua limpias y servidas, bajo condiciones aeróbicas, en un periodo de 5 días a 20°C. El consumo de oxígeno es afectado por variables como la temperatura, el pH, la presencia de ciertos tipos de microorganismos y el tipo de material orgánico e inorgánico presentes en el agua.

La $DBO_5^{20^{\circ}C}$ afecta directamente la cantidad de oxígeno disuelto en ríos y corrientes. A mayor $DBO_5^{20^{\circ}C}$ el oxígeno se agota más rápido y la vida acuática será más compleja.

Una demanda biológica de oxígeno alta tiene la misma consecuencia que un nivel bajo de oxígeno disuelto, los organismos acuáticos se estresan sofocan y mueren.

2.4.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida aproximada del contenido de materia orgánica presente en una muestra de agua.

Durante el ensayo de DQO se acelera artificialmente el proceso de biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos como el dicromato de potasio y métodos de titulación totalmente estandarizados.

Este ensayo presenta una medida exacta del contenido total de materia orgánica en la muestra.

3. MONITOREO

El monitoreo del agua es un proceso de seguimiento de las condiciones de calidad y de cantidad del agua, durante un tiempo indefinido o definido y en un área específica, mediante un conjunto de actividades relativas a la recolección de datos, que se procesan y analizan con diferentes fines. El objetivo del monitoreo es hacer seguimiento, control, vigilancia y modelamiento de las características del agua.²⁰

Para obtener una caracterización química adecuada de un cuerpo de agua es necesario tener regularidad en la toma de muestras y planeación de los puntos de muestreo, la frecuencia y el tiempo de monitoreo. En este proyecto se determinó realizar los monitoreos los días lunes, con un intervalo de dos semanas y en ocasiones de una semana.

3.1 SITIOS DE MUESTREO

Las muestras se tomaron en dos puntos ubicados en el Campus Nueva Granada. Uno sobre el Río Bogotá y otro que corresponde a un pozo subterráneo. La toma de muestra en cada uno de estos dos puntos fue puntual y los análisis en laboratorio se realizaron 3 replicas para las dos últimos monitoreos.

En el cuadro 5 se muestran las fechas de recolección de muestras que corresponden a 8 monitoreos.

²⁰ IDEAM. (2004)

Cuadro 5. Programación para el monitoreo.

Fecha de obtención de muestras	Numero de campaña.
21/09/2009	I
14/10/2009	II
23/11/2009	III
01/02/2010	IV
15/02/2010	V
08/03/2010	VI
17/03/2010	VII
23/03/2010	VIII

3.2 ACCESIBILIDAD

Los puntos seleccionados cuentan con buen acceso facilitando el transporte de las muestras y los equipos necesarios en campo. Las muestras se transportan el mismo día hacia el laboratorio de calidad de aguas de la Universidad Militar Nueva Granada, en donde se someten a pruebas y/o se refrigeran para su posterior análisis. En campo se midieron los parámetros de temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Ver tabla 1 y 2.

Tabla 1. Pruebas de campo

Fecha del muestreo	No. Orden.	Temperatura (°C)		pH		Conductividad ($m\Omega/cm$)	
		POZO (agua bombeada)	RÍO	POZO (agua bombeada)	RÍO	POZO (agua bombeada)	RÍO
21/09/2009	I	14,5	15	7,5	6,6	312	210
14/10/2009	II	17	17,5	7,4	7,5	281	180
23/11/2009	III	15	16	6,5	6,5	296	312
01/02/2010	IV	17	18	7	6,85	182	285
15/02/2010	V	18	18,5	6,8	6,95	370	295
08/03/2010	VI	16	20,5	6,4	7,2	250	205
17/03/2010	VII	18,7	19,2	6,7	7,11	350	260
23/03/2010	VIII	16	17,6	6,6	6,7	412	585

La temperatura: es importante para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio. En estudios de polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministros de pozos, la temperatura es un dato necesario para obtener buenos resultados y debe tomarse en el sitio de muestreo pues varía entre el sitio de toma y el de almacenamiento o prueba.

La temperatura tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir; influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

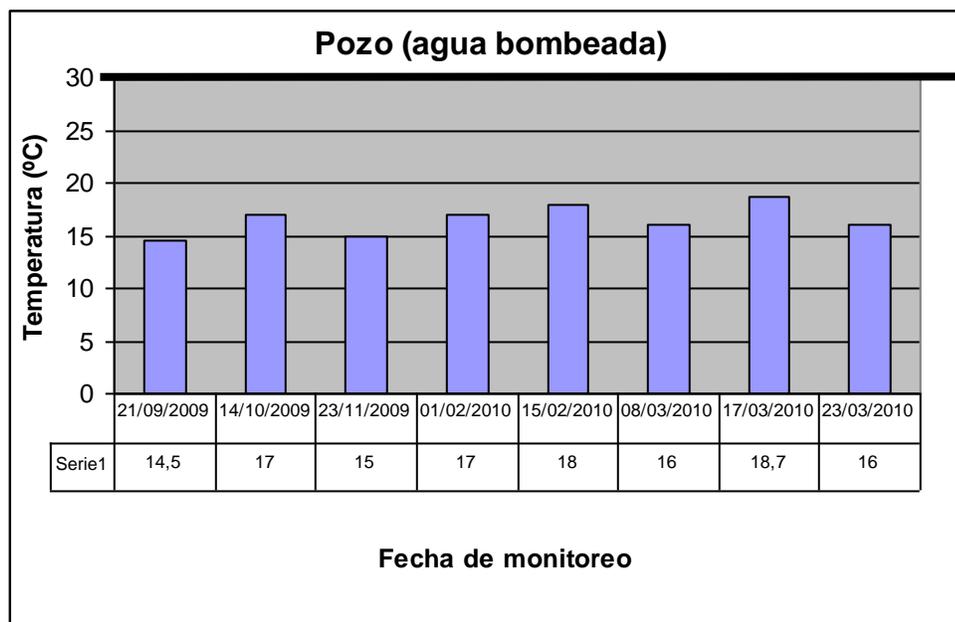


Figura 9. Temperatura

En el caso de agua de pozo subterráneo ver figura 9, la temperatura obtuvo una variedad entre 2 y 3 °C, lo que quiere decir que se mantuvo considerablemente un cambio en la temperatura, esto pudo ser por su profundidad y quietud del agua, lo cual puede afectar las características

físicas, químicas y biológicas en relación con la disminución o aumento de microorganismos y sales solubles. Los valores de temperatura del agua de pozo están entre 14.5 y 18.7 que pueden ser afectadas por: altitud y latitud, tipo clima, hora de toma de muestra, las condiciones pluviométricas y por las características y composiciones de las aguas.

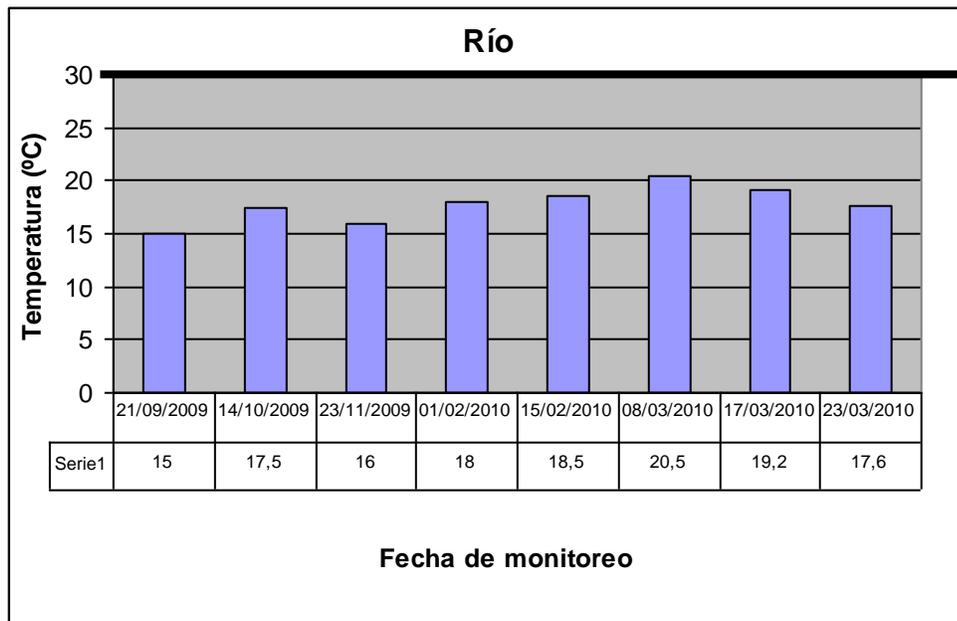


Figura 10. Temperatura

Para el caso del agua de río Bogotá (ver figura 10) la temperatura está regida por la altitud y por el cambio del ambiente, ya que las aguas se encuentran en la superficie y existe dilución, la temperaturas se encuentra entre 15,0 y 20,5, los incrementos de esta variable influyen proporcionalmente en la evaporación y en la volatilización de sustancias, además también puede influir en la solubilidad de sustancias y gases tales como O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 y entre otros. Con un aumento de temperatura los organismos acuáticos se ven afectados, ya que a niveles altos la respiración se incrementa produciendo a su vez alto consumo de oxígeno disuelto y descomposición de

materia orgánica y generación de turbiedad, lo cual propicia el crecimiento de algas,²¹ además se presentan efectos en otros parámetros como en el sabor, el color y la corrosión.

El pH: es una forma de expresar la concentración o actividad del ión hidrógeno. En aguas es un factor que debe considerarse con respecto a la desinfección, el ablandamiento, el control de corrosión y la coagulación química, también, para control de procesos biológicos, con el fin de mantener en intervalos favorables a los microorganismos.

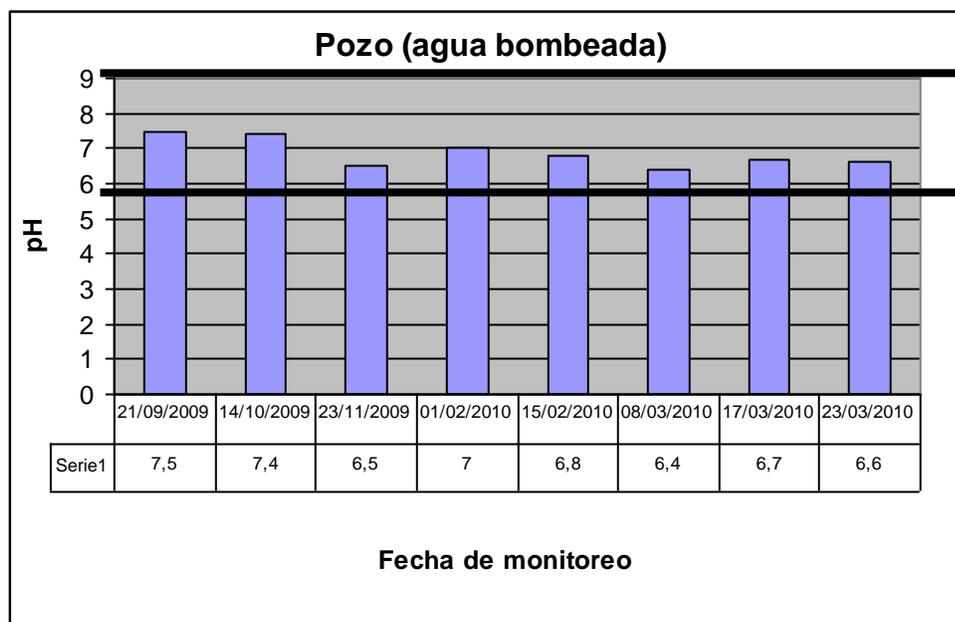


Figura 11. pH

El nivel de pH para agua de pozo (ver figura 11) presenta una disminución leve que oscilan entre 6,4 y 7,5 unidades de pH.

²¹ Guías para Calidad de Aguas Potables, OPS, OMS, (2000).

Los valores bajos manifiestan una tendencia con respecto a la acidez que puede ser causado por la presencia de amonio en forma de ácido Nítrico debido a infiltraciones de escorrentía o sustancias solubles que hacen parte del subsuelo.

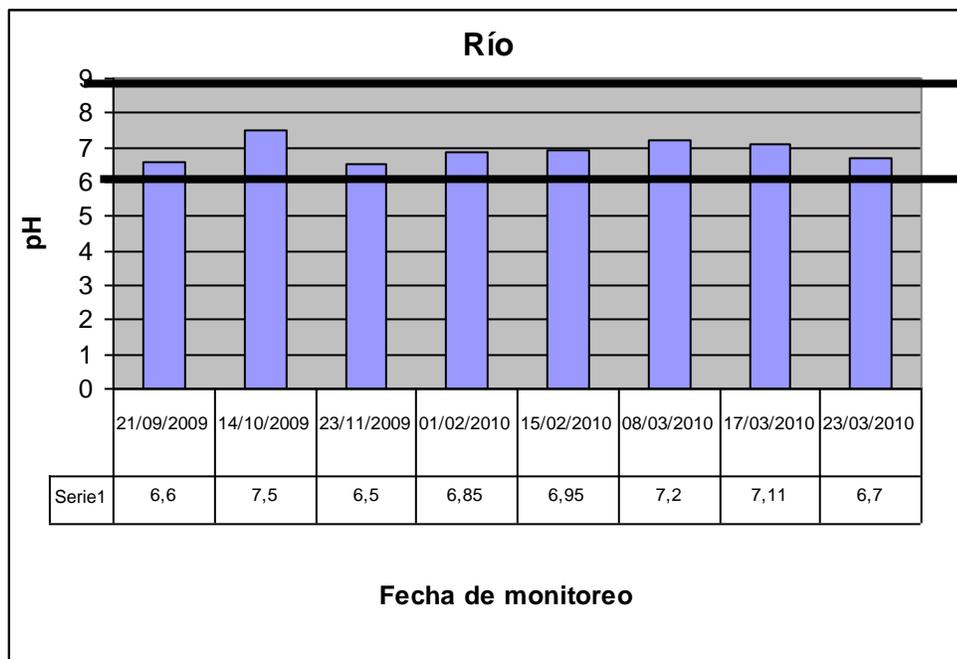


Figura 12. pH

En la figura 12 se observa que el pH de agua de río está en un rango entre 6,5 y 7,5, diferencia no considerable que puede ser por las aguas vertidas contaminadas ya sea por presencia de óxidos metálicos en suspensión o en la incorporación de sustancias acidas o básicas de aguas superficiales, también hay que tener en cuenta la variedad en el clima ya que la toma de muestra se efectuó en verano variable que puede aumentar las concentraciones en la composición del agua debido a vertimientos y a la evaporación.

La Conductividad: El valor de la conductividad se emplea en el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica, depende de la presencia de iones, valencia, concentración relativa y temperatura de medición.

La determinación de conductividad es un parámetro de fácil medición en campo, expresado ($m\Omega/cm$). Con los datos obtenidos y demostrados en las figuras 13 y 14 señala que es una de las aplicaciones muy importantes para el índice de salinidad e indicador de presencia de sales en aguas de irrigación o de cualquier otro tipo.

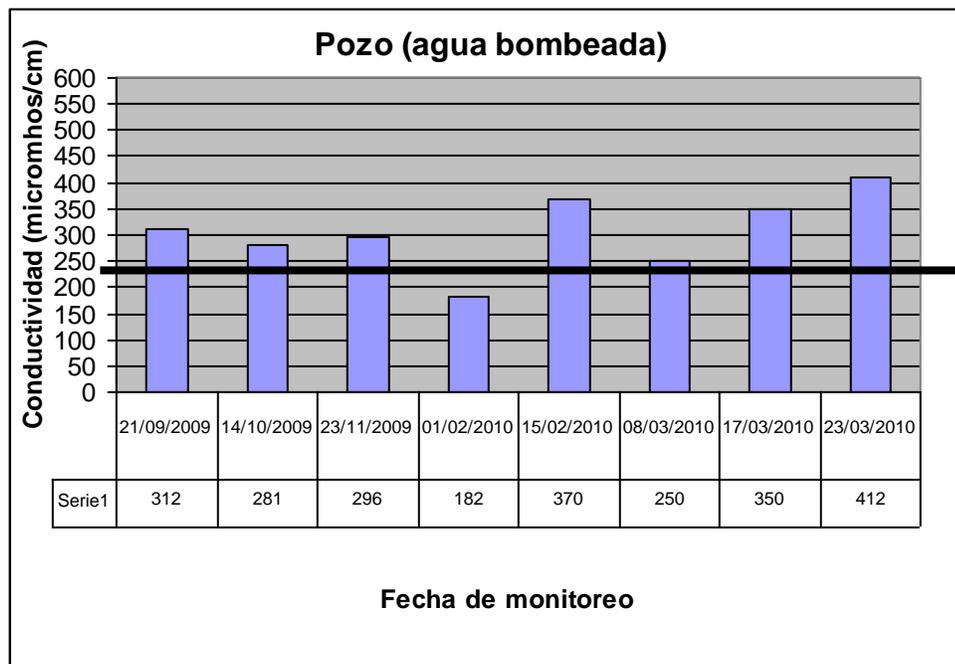


Figura 13. Conductividad

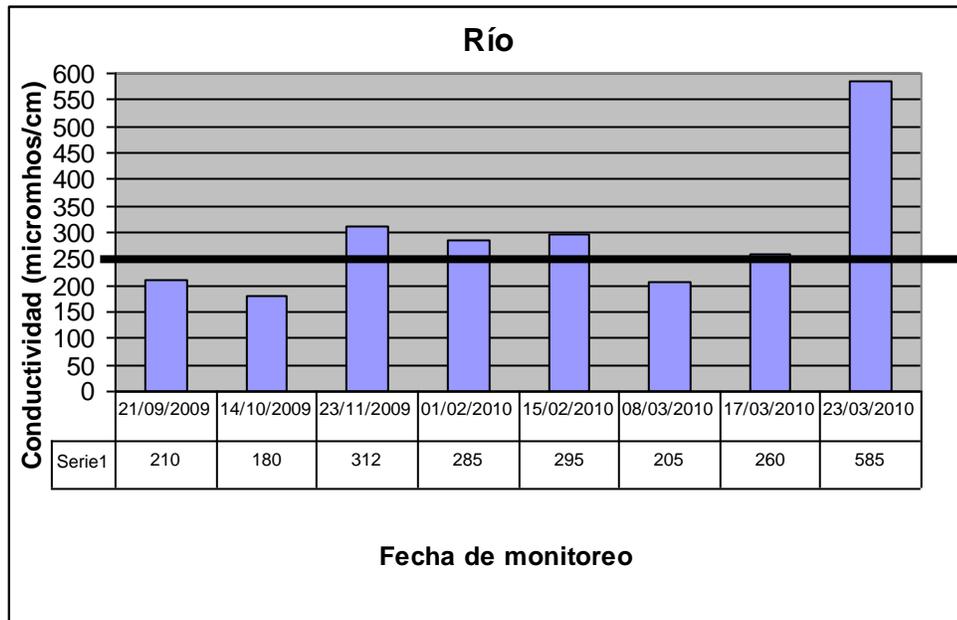


Figura 14. Conductividad

La conductividad de agua de río y de pozo, es considerada alta, para vertimientos está dentro de los valores admisibles que corresponden a $1000 \mu\Omega/cm$ y para agua potable y de riego debe ser menor a $250 \mu\Omega/cm$ de acuerdo al Decreto 475 de 1998 y 1594 de 1984.

El valor promedio de conductividad es de $306,6 \mu\Omega/cm$. Esto afecta la productividad de los ecosistemas debido a que las sales presentes son difíciles de retirar del agua²².

3.3 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS

En los muestreos efectuados dentro del campus universitario se siguieron las siguientes recomendaciones.

²² MORA GÓMEZ (2002).

- Antes de recolectar la muestra se purgó el recipiente.
- Se marcaron los recipientes de muestreo con tinta a prueba de agua.
- Se identificaron las muestras como: punto del río Bogotá y punto de pozo.
- Se toma el agua de río en un punto no muy cerca de la orilla, ver figura 4.
- Se tomó el agua de pozo por bombeo, a través de una manguera. Ver figura 5.
- Para la toma de muestra de río se ubicó el recipiente en sentido contrario al flujo de agua.
- No se llenó el recipiente de muestra en su totalidad y se tapó inmediatamente
- Se realizaron mediciones in situ como: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Los equipos de campo deben ser calibrados antes de la medida.
- Se verificó que la muestra estuviera plenamente identificada y almacenada en condiciones adecuadas para ser dirigida al laboratorio.
- Al llegar el laboratorio se verificaron y registraron los datos obtenidos en campo en el formato de toma de muestra para el reporte de los análisis correspondientes.
- Para las muestras recolectadas en la octava campaña, los análisis de laboratorio se repitieron 3 veces y su promedio se presenta como resultado.

3.4 CUIDADO DE LA MUESTRA

El cuidado de la muestra está directamente relacionado con la confiabilidad de los resultados; por tal razón desde la toma de la muestra se debe tener una adecuada preservación para evitar alteraciones en el resultado tales como: En lo que tiene que ver con la refrigeración, las muestras deben

almacenarse a temperaturas menores a 4 °C y en la preservación química consiste en adicionar sustancias químicas que fijan la concentración, logrando que se mantengan las condiciones iniciales para su posterior análisis en el laboratorio. Las condiciones de almacenamiento son fundamentales, ya que su descuido puede aumentar o disminuir la concentración de sustancias de la muestra, por tal razón se deben tener en cuenta las recomendaciones previas de preservación de acuerdo al análisis. Ver cuadro 6.

Cuadro 6. Recomendaciones para la preservación de muestras de acuerdo con los análisis.²³

Parámetro	Recipiente	Volumen (mL)	Preservación	Almacenamiento
Cloruros	Vidrio o Plástico	500	Refrigerar	48 h
Conductividad	Vidrio o Plástico	500	Refrigerar	28 d
Dureza	Vidrio	250	acido nítrico	48 h preferiblemente
Oxígeno Disuelto	Vidrio	300	Analizar inmediatamente	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Frascos de Vidrio o plástico	1000	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	24 h
Demanda Química de Oxígeno	Frascos de Vidrio	1000	Conservar con acido sulfúrico concentrado, la muestra es útil durante 28 días	Preferiblemente inmediato.
pH	Frascos de Vidrio o Plástico	50	Análisis inmediato	—
Temperatura	Frascos de Vidrio o Plástico	—	Análisis inmediato	—

²³ Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. Ministerio de Desarrollo Económico. Calidad del Agua. Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. (1999).

4. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y ANÁLISIS DE DATOS

La caracterización química de un cuerpo de agua implica la obtención de datos en campo y en laboratorio. El análisis de los datos obtenidos nos da una aproximación del posible uso que se le pueda dar a un recurso hídrico.

Para obtener la información necesaria en cuanto a los procesos básicos y la composición química del agua se realizaron análisis de pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en campo. Mientras que en el laboratorio se hicieron ensayos de: dureza total, cloruros, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno. Los datos obtenidos en campo y laboratorio se presentan en forma gráfica para un mejor análisis. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos que hacen parte a la fase IV, de la caracterización del río Bogotá y del pozo subterráneo ubicados en el Campus Universitario Cajicá. El estudio se compara con los valores admisibles reportados por decreto.²⁴

²⁴ Decreto 1594. (1984). Decreto 475 (1998)

Tabla 3. Datos generales del pozo y de río

RESULTADOS DE LABORATORIO														P = pozo R = río	
Fecha del Monitoreo	MON	Dureza total Mg/L CaCO ₃		Dureza por calcio mg/L Ca		Dureza por magnesio mg/L Mg		Cloruros mg/L CL-		Oxígeno Disuelto mg/L O ₂		DQO mg/L		DBO mg/L O ₂	
		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
21/09/2009	I	150	92,6	95	44	55,6	48,6	175	210	3,55	2,85	92	236	55,6	48,6
14/10/2009	II	141	116	87	21,2	54	94,8	195	66	4,4	6,3	164	292	54	94,8
23/11/2009	III	304	112	178	58,6	126	53,4	450	200	4,75	5,92	134	60	126,2	53,4
01/02/2010	IV	158	54	94	22	64	32	500	250	3,2	3,75	36	260	64	32
15/02/2010	V	200	90	138,4	78,6	61,6	11,4	320	230	3,7	2,2	44	540	61,6	11,4
08/03/2010	VI	240	112	178,4	58	61,6	54	480	210	3,75	2,92	72	256	61,6	54
17/03/2010	VII	224	144	164	108	60	36	520	300	3,5	1,5	80	200	60	36
23/03/2010	VIII	190	110	124	76	66	34	560	360	2,1	1,8	128	248	66	34

Cuadro 4. Valores admisibles por Decreto

Variable	Temp.	pH	$\mu\Omega/cm$	DT	Ca	Mg	Cl ⁻	O ₂	DQO	DBO
Valor admisible decreto 1594 de 1984 riego	<30°C	5-9	50 -1000 (vertimientos) 50 – 250 (para riego)	160 mg/L CaCO ₃	60 mg/L Ca	60 mg/L Mg	250 mg/L Cl ⁻	4.0 a 5.0 mg/L O ₂	2000 mg/L	1000 mg/L O ₂
Valor admisible decreto 475 de 1994 consumo humano	<30°C	6.5-9	50 -250 (para consumo)	160 mg/L CaCO ₃	60 mg/L Ca	60 mg/L Mg	250 mg/L Cl ⁻	6.0 a 12 mg/L O ₂	-	-

Datos obtenidos en campo y laboratorio de agua de pozo.

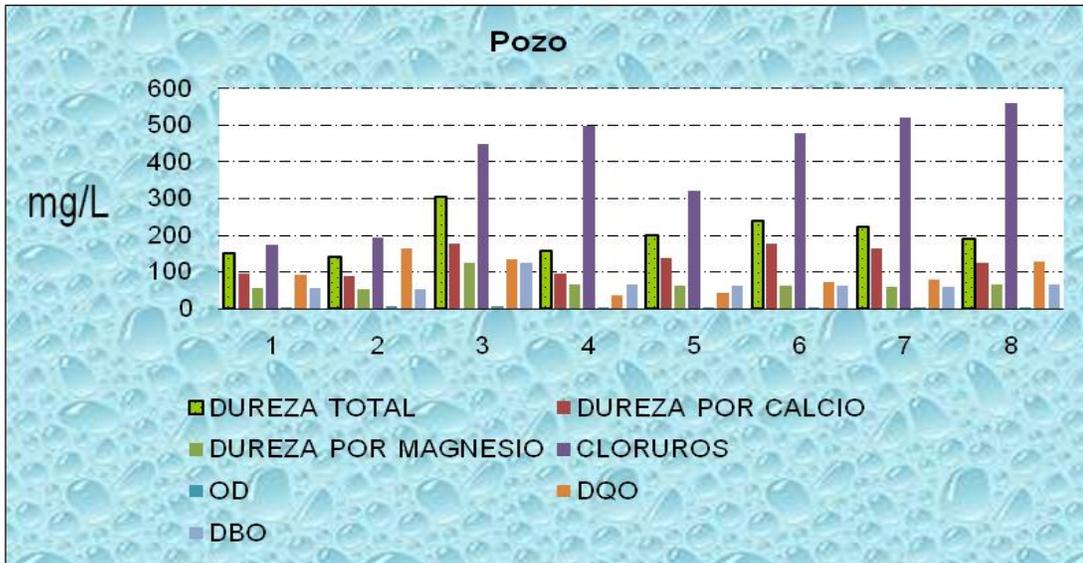


Figura 15. Datos generales del pozo

Datos obtenidos en campo y laboratorio de agua de Río.

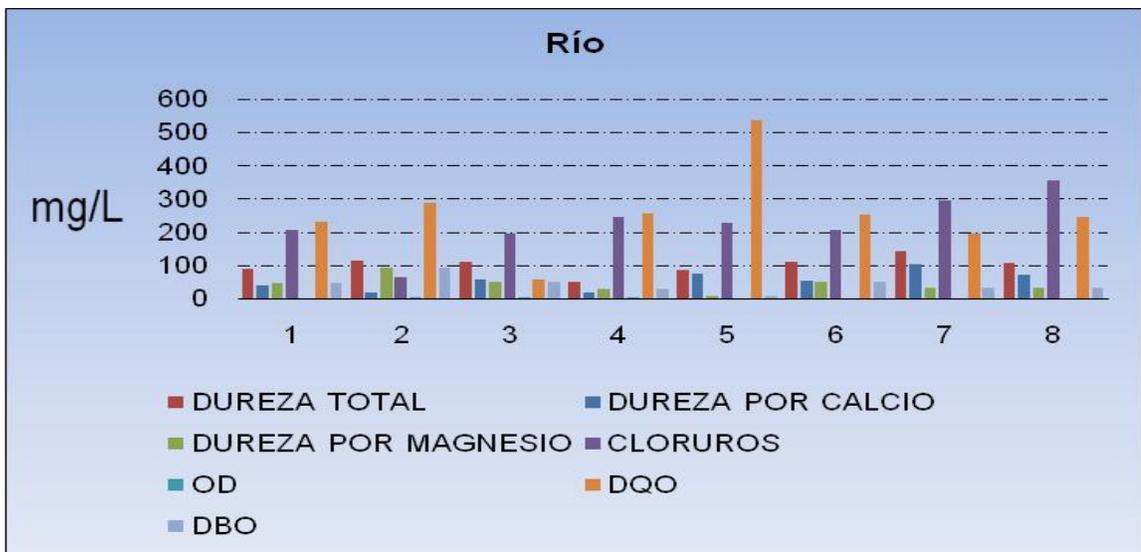


Figura 16. Datos generales del río

En el anexo se presentan las guías de los parámetros analizados.

Con los resultados obtenidos, se tiene una primera visión de las condiciones actuales del recurso hídrico disponible en el campus universitario con respecto a los parámetros analizados en esta fase de la investigación. Para obtener una caracterización química adecuada se requiere que se complemente con la adición de otras variables que harán parte al cumplimiento del objetivo general. Esto se logra realizando un seguimiento en forma continua debido a que es indispensable tener un monitoreo en las diferentes épocas del año.

Con los datos obtenidos se realizará un diagnóstico de comparación con las variables establecidas por la normativa colombiana vigente, con el fin de identificar el posible uso que se le pueda dar tanto al agua proveniente del río Bogotá como al pozo subterráneo del campus Cajica. De igual modo se interpretarán los datos para cada uno de los parámetros que contempla este estudio.

4.1 DUREZA TOTAL

Según el grado de dureza, las aguas se clasifican de la siguiente forma:

0 – 75 mg/1 CaCO₃: agua blanda

75 – 150 mg/1 CaCO₃: agua semi-dura

150 – 300 mg/1 CaCO₃: agua dura

Más de 300 mg/1 CaCO₃: agua muy dura

Se sabe que la dureza aumenta cuando en el agua existe más iones calcio y magnesio y algunos otros cationes divalentes que también contribuyen a la dureza aunque en menor grado, como: hierro, estroncio y manganeso.

Los datos obtenidos al seguir la metodología citada en cada muestreo para dureza en los dos puntos seleccionados se pueden observar en las tablas 6, 7 y figuras 17 y 18.

Tabla 6. Dureza para agua de pozo y río Bogotá.

DUREZA							
Fecha del Monitoreo	Monitoreo	Dureza total mg/L de CaCO₃		Dureza por calcio mg/L de Ca		Dureza por Magnesio mg/L de Mg	
		Pozo	Río.	Pozo	Río	Pozo	Río
		21/09/2009	I	150	92,6	95	44
14/10/2009	II	141	116	87	21,2	54	94,8
23/11/2009	III	304	112	178	58,6	126,2	53,4
01/02/2010	IV	158	54	94	22	64	32
15/02/2010	V	200	90	138,4	78,6	61,6	11,4
08/03/2010	VI	240	112	178,4	58	61,6	54
17/03/2010	VII	224	144	164	108	60	36
23/03/2010	VIII	190	110	124	76	66	34

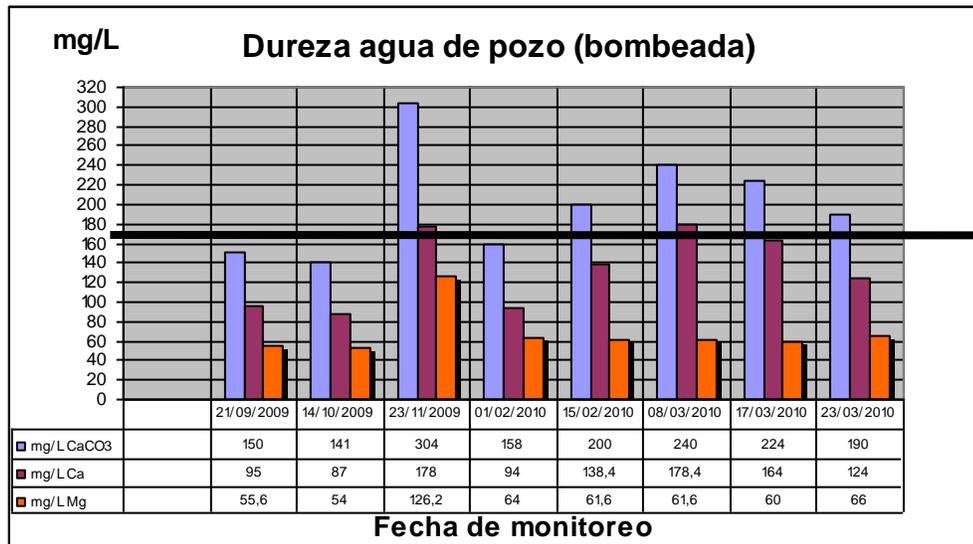


Figura 17. Dureza

Con respecto a la figura 17, los valores de dureza para el agua de pozo en su mayoría son mayores al valor admisible por norma, lo cual revela que no cumple con el Decreto 1594 de 1984 ni con el 475 de 1998 para consumo humano y uso doméstico, debido a que el agua de pozo tiene un máximo valor de 304 mg/L CaCO₃ y un valor mínimo de 141 mg/L CaCO₃. Ver tabla 17.

El agua de pozo se encuentra en la clasificación dura donde están presentes la cal, el yeso, las dolomitas y es conocida por taponar las tuberías, complicar la disolución de detergentes y presenta incrustaciones.

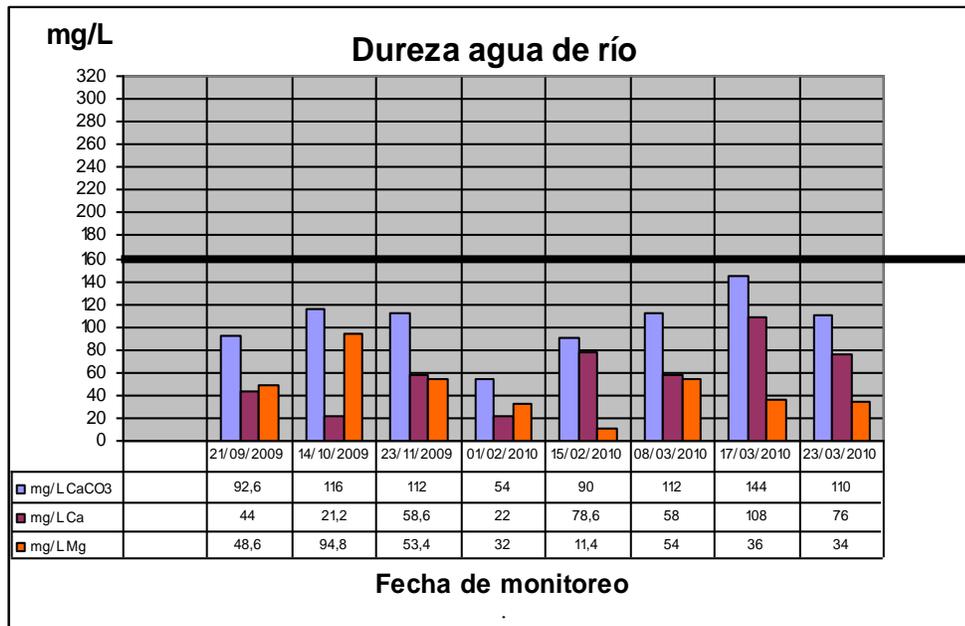


Figura 18. Dureza

Para agua de río Bogotá (ver figura 18), el valor registrado está por debajo de los valores admisibles, cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984 y con el 475 del 98.

De acuerdo a los datos en la tabla 7 correspondiente al río Bogotá se observa el máximo valor registrado 144 mg/L CaCO₃ y un valor mínimo 54 mg/L CaCO₃

La dureza del río Bogotá en este tramo del campus universitario es considerada blanda cuando existe presencia de areniscas y granitos, el agua es agresiva y facilita la disolución de metales como por ejemplo, el plomo. Se observa mucha variación en los valores registrados en cada muestreo, por lo cual se recomienda establecer una mayor cantidad de muestreos en diferentes puntos del río y de pozo en diferentes horas del día.

Las cantidades de magnesio dependen de la clase de terrenos que el agua atraviesa y además son de gran importancia para todas las células vivas pero a concentraciones mayores de 125 mg/L Mg tienen efecto laxante, en uno de los monitoreos de agua de pozo (23-09-09) se presenta una concentración de 126.2 mg/L Mg (ver figura 17). El magnesio es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre y es indicador de presencia de orina y/o las heces fecales. El ion magnesio junto con el ion de calcio se pueden reducir con el tratamiento químico o por intercambio iónico, hasta niveles tolerables.

Al ejecutar un ablandamiento en el agua reduce la concentración de dureza, sirve para eliminar los iones que hacen parte de una agua dura, junto a este ablandamiento también se puede reducir la concentración de hierro, el cual consiste en almacenar el agua en un tanque ionizador, es decir de intercambio iónico, proceso que reemplaza los iones de calcio y magnesio por otros iones como sodio y potasio.

4.2 CLORUROS

Los cloruros suelen tener poca biodegradabilidad, por lo cual pueden durar bastante tiempo en el medio ambiente. La presencia de cloruros depende mucho de los terrenos por donde atraviesa el agua ya sea por las corrientes de agua de mar o de suelos áridos, los lavados por las lluvias o bien por contaminaciones de aguas residuales como en el río Bogotá y para la de pozo por las infiltraciones de aguas subterráneas adyacentes y por las escorrentías. Los datos obtenidos se evidencian en la tabla 8, 9 y figuras 19 y 20.

Tabla 8. Cloruros en pozo y río Bogotá.

CLORUROS (mg / L Cl ⁻)			
Fecha de monitoreo	Monitoreo	Pozo	Río
21/09/2009	I	174,95	209,93
14/10/2009	II	194,94	65,98
23/11/2009	III	449,86	199,94
01/02/2010	IV	499,85	249,92
15/02/2010	V	319,9	229,93
08/03/2010	VI	479,85	209,93
17/03/2010	VII	519,84	299,91
23/03/2010	VIII	559,83	359,89

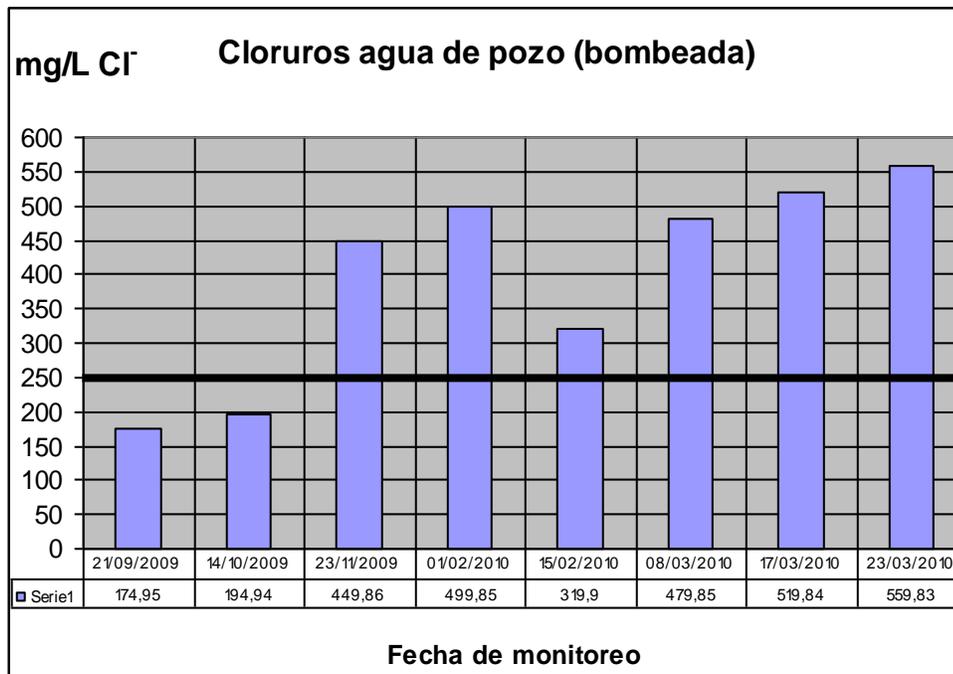


Figura 19. Cloruros

El punto de pozo registra un máximo valor de 559.83mg/L Cl^- y el valor mínimo 174.95 mg/L Cl^- (Ver figura 19), se presenta mucha variación en los valores registrados en cada muestreo.

La concentración de cloruros de agua de pozo están en promedio de 399 mg/L Cl^- , concentración alta que está por encima de los valores admisibles según el decreto 1594 de 1984, el valor máximo de concentración en cloruros es de 250 mg/L Cl^- . Los resultados obtenidos de los monitoreos pueden ser por infiltraciones de vertimientos domésticos e industriales que afectan este cuerpo de agua, debido a la presencia de materia orgánica y de microorganismos.

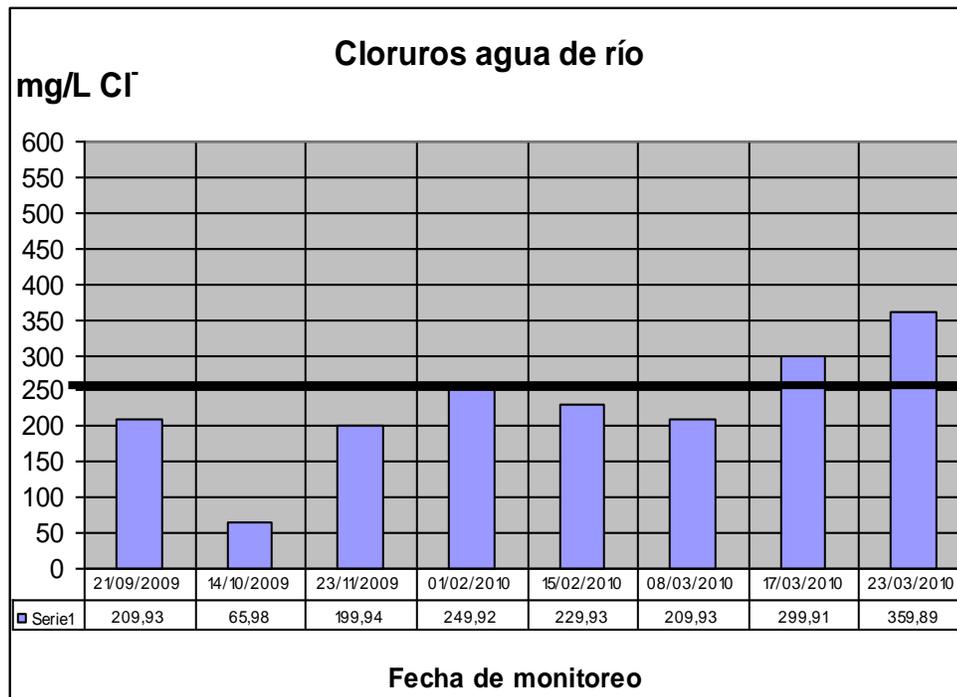


Figura 20. Cloruros

En el punto del río Bogotá el máximo valor registrado 359.89 mg/L Cl^- y el valor mínimo 65.98 mg/L Cl^- la variabilidad es constante.

El contenido de cloruros para aguas naturales suele ser de 50 a 60 mg/L, el valor admisible para aguas potables es de 250 mg/L Cl^- , y el máximo tolerable es de 350 mg/L Cl^- si sobrepasa este valor no ocasiona inconvenientes para consumo humano, salvo un gusto desagradable. Las concentraciones de cloruros en aguas superficiales es variable de acuerdo al tipo de terreno.

4.3 OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno en áreas cercanas a las descargas de aguas negras tiene nivel bajo e inversamente proporcional a la temperatura.

Al interpretar los datos obtenidos en cada una de las muestras recolectadas los resultados se pueden evidenciar en las siguientes tablas 10 y 11.

Tabla 10. Oxígeno disuelto de pozo y río Bogotá.

OXIGENO DISUELTO (mg / L O ₂)			
FECHA DE MONITOREO	MONITOREO	POZO	RÍO
21/09/2009	I	3,55	2,85
14/10/2009	II	4,4	6,3
23/11/2009	III	4,75	5,92
01/02/2010	IV	3,2	3,75
15/02/2010	V	3,7	2,2
08/03/2010	VI	3,75	2,92
17/03/2010	VII	3,5	1,5
23/03/2010	VIII	2,1	1,8

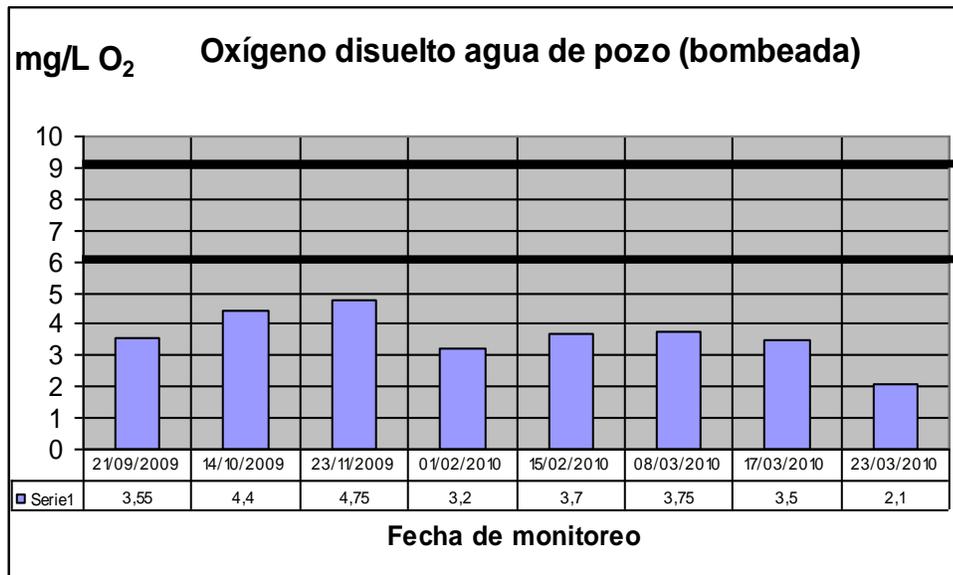


Figura 21. Oxígeno disuelto

El pozo registra un valor máximo de oxígeno disuelto de 4.75 mg/L, y fue tomado el 23-11-09. Cabe anotar que las aguas subterráneas poseen oxígeno disuelto en cantidades más bajas que las superficiales, dado su confinamiento. El oxígeno disuelto presenta gran variedad entre 4.75 mg/L y 2.1 mg/L puede deberse a errores de calibración de equipo de campo, encontrándose por debajo de lo establecido. Este análisis esta relacionado con la biodiversidad ya que todo los organismo aerobios necesitan de oxigeno para su supervivencia. Se puede decir que la calidad ambiental es baja para este tipo de agua ya que indica contaminación con materia orgánica la cual afecta la comunidad biológica en valores menores de 2.5 mg/L O₂.

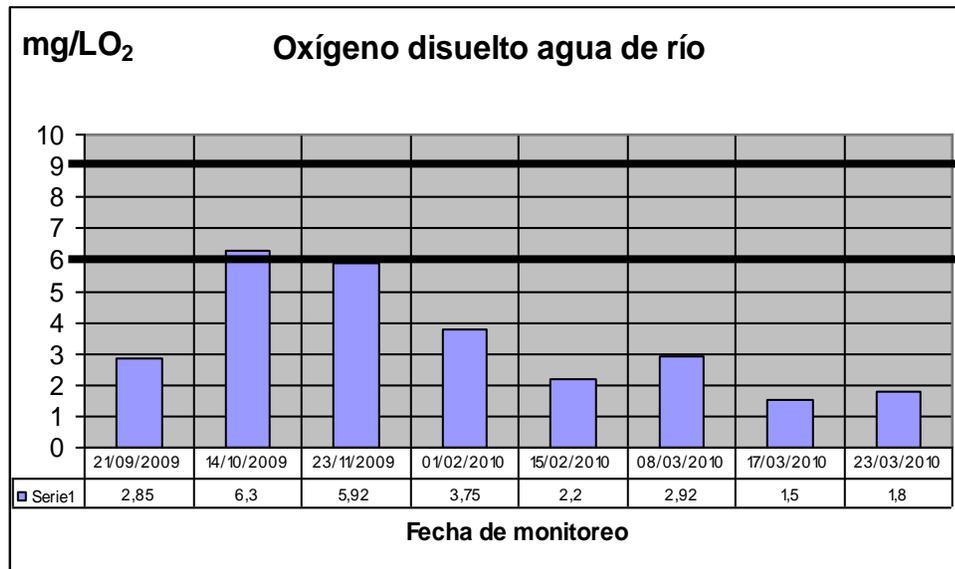


Figura 22. Oxígeno disuelto

El valor máximo de oxígeno disuelto registrado para el río Bogotá fue de 6.3 mg/L O₂, fecha de monitoreo el 14 de octubre del 2009 época de lluvias, en las fechas siguientes, se presentó una disminución hasta 1,5 mg/L O₂, que indica una calidad de agua mala, produce muerte en peces y reduce los procesos biológicos.

4.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Es un método aplicable en aguas (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables debido al valor tan bajo que se obtendría.

Los datos consignados en las tablas 12, 13 y figuras 23 y 24 siguientes reflejan el grado de contaminación por presencia de microorganismos.

Tabla 12. DQO de pozo y río Bogotá.

DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO (mg / L)			
FECHA DE MONITOREO	MONITOREO	Pozo	Río
21/09/2009	I	92	236
14/10/2009	II	164	292
23/11/2009	III	134	60
01/02/2010	IV	36	260
15/02/2010	V	44	540
08/03/2010	VI	72	256
17/03/2010	VII	80	200
23/03/2010	VIII	128	248

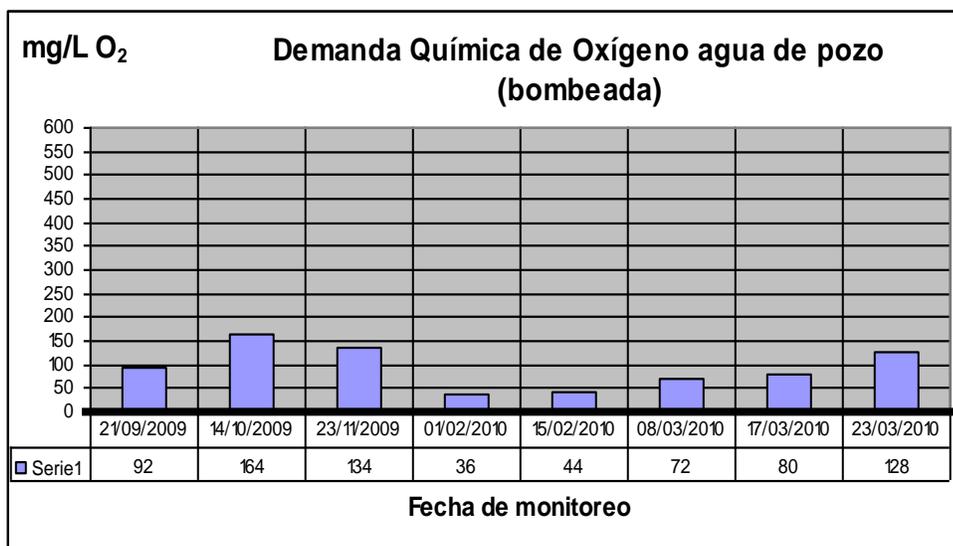


Figura 23. DQO

Para el agua de pozo registra concentraciones de DQO entre 164 y 36 mg/L, valores que cumplen con lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984 para agua de riego y para consumo no debe ser contemplada ni en cantidades muy bajas.

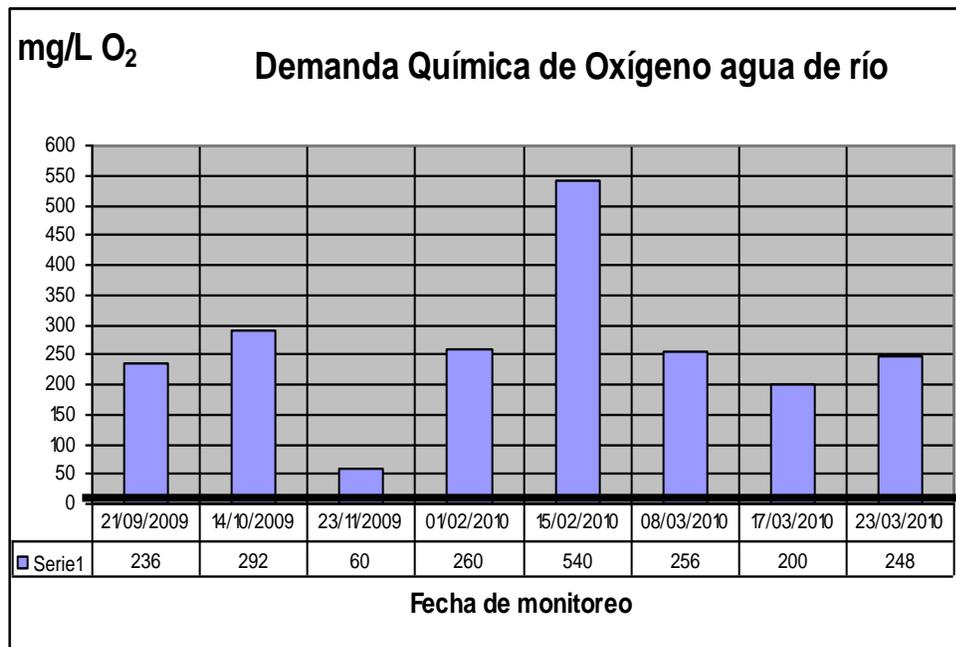


Figura 24. DQO

Entre los muestreos realizados se encontraron concentraciones de DQO entre 540 y 60 mg/L para el agua del río Bogotá, este comportamiento varió significativamente, el valor medio es de 262 mg/L y cumple con lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984 para agua de riego en elementos no de consumo humano y para agua potable no debe ser tomada en cuenta sin un tratamiento físico y químico.

Los valores anteriores demuestran que las aguas caracterizadas, la de río y la de pozo presentan desechos orgánicos como por ejemplo: plantas muertas, hojas, recortes de pasto, aguas negras y bacterias que descomponen desechos. Cuando esto sucede, mucho del oxígeno disuelto disponible lo consumen las bacterias aeróbicas, robándoles el oxígeno a otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir.

4.5 DEMANDA BIOLÓGICO DE OXÍGENO

Es un método aplicable en aguas (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables. La materia orgánica biodegradable está compuesta por proteínas, carbohidratos, grasas animales; se mide en la mayoría de las ocasiones, en función de la demanda biológica de oxígeno. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de las condiciones naturales acordes para un mejor vivir.

Los datos obtenidos se muestran en las tablas 14, 15 y figuras 25 y 26, reflejando el grado de contaminación de las aguas analizadas.

Tabla 14. $DBO_5^{20^\circ C}$ de pozo y río Bogotá.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (mg / L O ₂)			
Fecha de monitoreo	Monitoreo	Pozo	Río
21/09/2009	I	20,25	79,2
14/10/2009	II	35,85	39,6
23/11/2009	III	6,72	10,38
01/02/2010	IV	18,15	25,95
15/02/2010	V	32,7	45,6
08/03/2010	VI	24	32
17/03/2010	VII	18,3	24
23/03/2010	VIII	14,4	18

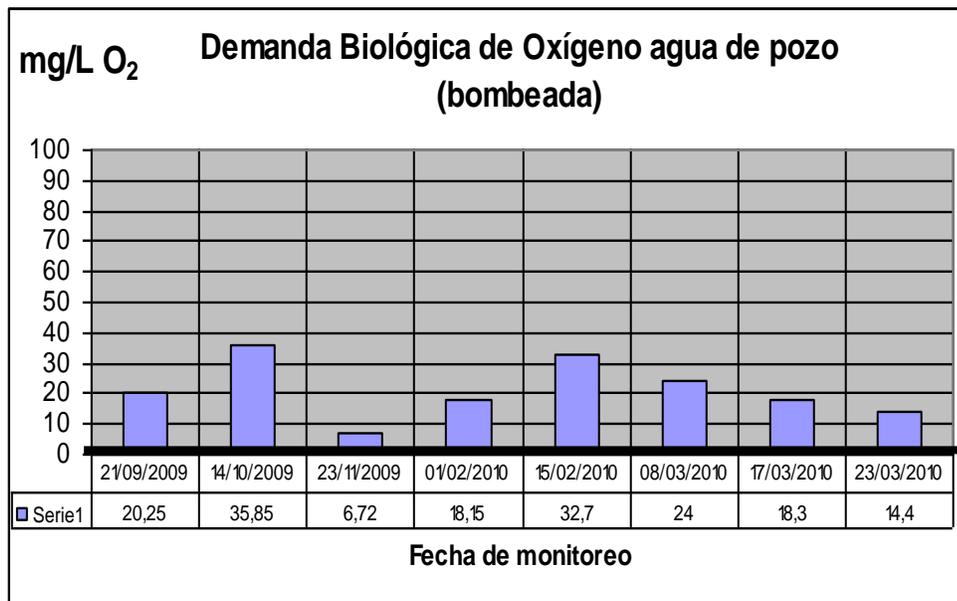


Figura 25. DBO₅^{20°C}

El agua de pozo el valor máximo de oxígeno disuelto es de 35.85 mg/L O₂ y el valor mínimo 6.72mg/L O₂ .los valores de DBO₅^{20°C} para el agua de pozo

Los valores obtenidos en el pozo son consideradamente altos con respecto al de río, lo cual no debería ser ya que esta agua de pozo no se encuentra en la intemperie, esta cubierto. Se evidenció poca variación en los datos analizados. Para los dos puntos de muestreo es necesario un tratamiento al agua para el abastecimiento público y para el reuso.

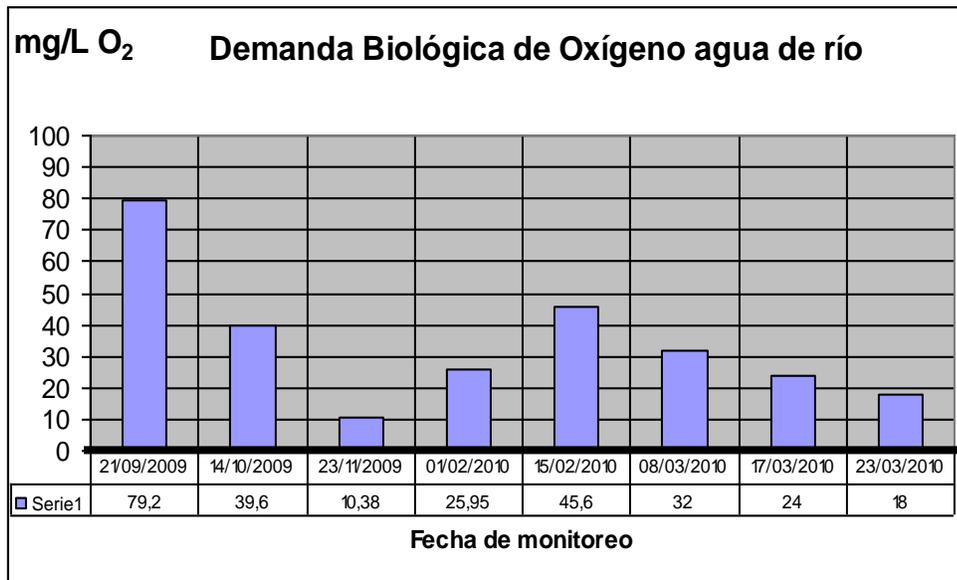


Figura 26. DBO₅^{20°C}

Para el río Bogotá el valor máximo registrado de DBO₅^{20°C} fue de 79.20 mg/L O₂ y el valor mínimo 10.38 mg/L O₂, con una media de 34.3 mg/L O₂, que representa un valor aproximado de la materia orgánica biológicamente degradable y se define por el oxígeno requerido por los microorganismos aeróbicos presentes en el agua del río. Esta agua puede ser utilizada para uso de riego en la agricultura que no sea para consumo humano si fuese así se recomienda efectuar un tratamiento primario el cual hace sedimentar los materiales suspendidos usando tratamientos físico-químicos.

CONCLUSIONES

- Con respecto a los resultados de: dureza, cloruros, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno, se observó en algunos casos desviaciones mínimas en las concentraciones, como también se encuentra en algunos monitoreos valores máximos admisibles de acuerdo al Decreto. Por consiguiente será necesario realizar tratamientos preliminares para que la UMNG pueda reutilizar las aguas que se encuentran dentro de sus predios; agua del río Bogotá que funcionaría como riego de plantas no consumibles por el hombre y el agua de pozo subterráneo que podría ser utilizada para uso doméstico y con tratabilidad para consumo humano.

AGUA DE RÍO

- El agua del río Bogotá, en el tramo del campus Cajicá, en principio es agrícola, para riego de plantas que no sean de consumo humano.
- Las aguas superficiales varían su composición química dependiendo de los terrenos de contacto y los vertimientos que reciben, los cuales pueden variar a lo largo del tiempo. Las aguas del río son blandas debido a la concentración de bicarbonatos alcalinos que suelen descomponerse y precipitarse, se deduce de los resultados obtenidos de dureza.
- En agua del río Bogotá se encuentra en un rango de pH entre 6 a 7.5, según Decreto 1594 de 1984 el rango de pH adecuado está entre 5-9, los valores obtenidos cumplen con este requisito.

- La conductividad se encuentra en un rango de 180 a 585 ($\mu\Omega/cm$), valor alto que indica presencia de contaminantes y de sales disueltas.
- La variación en la concentración de oxígeno disuelto, depende de los vertimientos domésticos e industriales que afectan este cuerpo de agua.
- La DQO del agua del río Bogotá, en el tramo del campus cajicá se encuentra en un promedio de 261.5 mg/L y una DBO_5 de 34.4 mg/L O_2 que con respecto a la norma están dentro de los valores admisibles del Decreto 1594 de 1984 para agua de riego en cultivos no consumibles como en flores. Para agua de consumo es necesario un tratamiento químico.

AGUA DE POZO

- El agua bombeada de pozo subterráneo puede usarse para usos domésticos y para consumo, si se aplica un tratamiento primario, sin embargo para poder tener elección a esta alternativa es recomendable efectuar otros análisis de laboratorio.
- El pH del agua de pozo se encuentra entre un rango de 6 a 9 lo cual revela que cumple con el decreto 1594 de 1984 para agua de riego y de consumo.
- La conductividad del agua de pozo es alta, a razón de las sales disueltas presentes.

- La temperatura del agua bombeada de pozo tiene un comportamiento estable, el valor máximo es de 18.7 °C, es menor que la registrada en el río Bogotá que es 20.5 °C, esta diferencia puede ser originada por los rayos solares y por los vertimientos industriales que afectan directamente la temperatura de un cuerpo de agua.
- La DQO del agua de pozo se encuentra en un promedio de 93.8 mg/L y una DBO₅ de 21.3 mg/L O₂ existe presencia de materia orgánica en concentraciones mínimas, por lo tanto no es considerable para agua de riego ni de consumo.

RECOMENDACIONES

- Dependiendo de los parámetros y de los resultados de laboratorio se podría tener una mejor disposición y reuso de los recursos naturales, en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada.
- Se debe tener continuidad en el desarrollo de la investigación con el fin de obtener un monitoreo considerable en las diferentes épocas del año y en otros puntos del río ya que se detecto que los resultados obtenidos son de gran diversidad debido a los diferentes vertimientos que llegan al río.
- Se recomienda que se incentiven y se apoyen las actividades relacionadas que lleven al desarrollo adecuado de la investigación, por parte de las directivas de la Facultad de Ingeniería y por la misma universidad.
- Es considerable tener en cuenta las precauciones en la toma, conservación, tratamiento y análisis de la muestra, adoptando los criterios estandarizados así como los procedimientos del laboratorio para cada uno de los análisis.
- Se recomienda tener un seguimiento progresivo durante todos los 12 meses del año.
- Los valores de conductividad en los dos tipos de agua indican la presencia de sólidos disueltos y por lo tanto la presencia de

contaminantes. Los cuales deben efectuar un estudio muy detallado para la remoción de estos.

- Hay que tener presente que el Oxígeno disuelto varía con la temperatura, salinidad, turbiedad y con las actividades fotosintéticas de las plantas, sin olvidar la presión atmosférica. Cuando los parámetros anteriores son altos el oxígeno disuelto disminuye lo cual sucede en las dos fuentes de agua analizadas; la de río y la de pozo. Cuando la temperatura se encuentra por debajo de 20°C en algunos casos puede existir más oxígeno disuelto en la muestra.
- El campus Nueva Granada dispone de dos fuentes hídricas (Río Bogotá y pozo subterráneo) que pueden ser utilizadas para abastecer sus necesidades, al menos después de algún tratamiento de tipo físico químico. De otro modo toda el agua tendrá que comprarse directamente al Municipio de Cajicá, que revende la proveniente del acueducto de Bogotá a un precio mayor

BIBLIOGRAFÍA

APHA, AWWA, WPCF. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". USA. 1976.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE HIDROGEÓLOGOS, Gestión del Agua Subterránea en Colombia. Ponencia presentada en el Seminario Internacional Ambiental del Agua, UNIVERSIDAD DEL ROSARIO, octubre 25-27, 2005; 6 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, CAR. Programa de monitoreo de la calidad del agua del río Bogotá desde el municipio de Villapinzón hasta la planta de tratamiento de Tibitóc. Zipaquirá: CAR, 2001.

ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA, "Carbonatos", consultado el 1 de abril 2009, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato>.

FUNDACIÓN AL VERDE VIVO. Estudios físico-químicos de la calidad del agua del río Bogotá de 1958 hasta 1997. Bogotá, 1999. 59 p.

IDEAM Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; Bogotá, 2001, 307 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. Bogotá, 2004.

JAIME ZAMBRANO, Jimena Alexandra. MORA PINZÓN, Myriam Andrea. Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase I. Bogotá, 2002. II: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

MASKEW FAIR, Gordon. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. México. Editorial Limusa, 1990.

MORA GÓMEZ, Jorge Alberto. PORRAS GODOY, Pedro Antonio. Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase II. Bogotá, 2002. II: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

RIVERO PARDO, Giovanni. URIBE IBARRA, Maritza Lucia. Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase III. Bogotá, 2003. II: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

ROMERO R., J. A. Acuíquímica. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1996.

SAWYER, C. N. et al. Química para Ingeniería Ambiental. Bogotá. Editorial Mc Graw Hill. 2001.