



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS
CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRIO.

**INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS
CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRIO**

ERIKA YURLEY CASTILLO ROJAS

DAISSY ROCÍO HERNÁNDEZ MENA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2013



**INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS
CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRIO**

ERIKA YURLEY CASTILLO ROJAS

DAISSY ROCÍO HERNÁNDEZ MENA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director:

SULLY GÓMEZ ISIDRO

Ingeniero civil, M.SC., Ph D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2013

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO 1	14
1. GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO.....	14
CAPITULO 2	15
2. CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.....	15
CAPITULO 3	17
3. REVISIÓN DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA ALTA DEL MACIZO DE SANTANDER Y CREACIÓN DEL SIG	17
3.1. Revisión y clasificación del listado de concesiones CDMB	18
CAPITULO 4	19
4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	19
CAPITULO 5	21
5. RESULTADOS DE DATOS DE CALIDAD DEL AGUA	21
CAPITULO 6	22
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	22
6.1. Temperatura y Oxígeno Disuelto (OD)	22
6.2. Indicador de acidez, neutralidad y alcalinidad del agua (pH).	22
6.3. Nitratos	22
6.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	23
6.5. Conductividad Eléctrica (CE).....	23
6.6. Coliformes Totales y E.coli	24
6.7. Localización de manantiales sobre el mapa de amenaza	25
CONCLUSIONES.....	25
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ANEXOS	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Población de los municipios del área de estudio.	15
Tabla 2: Población de los corregimientos y veredas del área de estudio.	15
Tabla 3: Inventarios de puntos de agua, localizados en estudios anteriores en la zona de la montaña, [7].	17
Tabla 4: Ejemplo de la información que contiene cada punto del listado de concesiones de la CDMB.	18
Tabla 5: Clasificación de concesiones del listado de la CDMB.	18
Tabla 6: Caudal medido en los puntos de la zona de estudio.	20
Tabla 7: Resumen del número de manantiales en la zona de la montaña.	20
Tabla 8: Salida de campo marzo de 2013, muestreo de parámetros microbiológicos.	21
Tabla 9: Salida de campo agosto de 2013, muestreo de parámetros microbiológicos.	21
Tabla 10: Salida de campo marzo de 2013, muestreo de parámetros físico-químicos.	21
Tabla 11: Salida de campo agosto de 2013, muestreo de parámetros físico-químicos.	22
Tabla 12: Localización, geología, usos del suelo y población, de la zona de estudio.	23
Tabla 13: Valores admisibles por las normas estandarizadas, [9], [10], [11], [12].	24
Tabla 14: Métodos usados en el laboratorio para análisis de parámetros físicoquímicos.	25
Tabla 15: Métodos usados en el laboratorio para análisis de parámetros microbiológicos.	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coeficientes de importancia para la caracterización de carga contaminante [3].....	16
Figura 2. Clase de contaminante [4].....	16
Figura 3. Intensidad del contaminante [4].	16
Figura 4. Modo de disposición del contaminante [4].	16
Figura 5. Duración de aplicación de la carga contaminante [4].	17
Figura 6. Clasificación de concesiones CDMB, según los criterios de clasificación; manantiales confirmados, manantiales sin identificar, puntos de nacimientos y puntos de aguas superficiales.	18
Figura 7. Localización de manantiales para realizar el estudio de la calidad de agua por el grupo GPH-UIS, 2013.	19
Figura 8. Inventario de manantiales en la zona de la montaña.	21
Figura 9. Localización de manantiales GPH 2013, sobre el mapa de amenaza [1].	25

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Inventario de puntos de aguas en la zona de la Montaña, enero de 2011 por el grupo de investigación GPH.....	29
ANEXO 2. Inventario de puntos de agua en la zona de la montaña, año 2010, por el grupo de investigación GPH.....	34
ANEXO 3. Inventario de puntos de agua en la zona de la montaña, año 2012, por el grupo de investigación GPH.....	35
ANEXO 4. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por la salida de geología 4 y 17 de enero de 2013.....	36
ANEXO 5. Listado de puntos de aguas en la zona de la montaña, realizados en los años 2002, 2006 y 2007 por Ingeominas.....	37
ANEXO 6. Modelo de preguntas utilizado en la salida de campo.....	44
ANEXO 7. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por el grupo de investigación GPH, 20 y 21 de Marzo de 2013.....	46
ANEXO 8. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por el grupo de investigación GPH, 1 y 2 de agosto de 2013.....	47
ANEXO 9. Protocolo de muestreo de la calidad del agua subterránea.....	49
ANEXO 10. Localización de manantiales en el mapa de usos de suelos de la zona de la montaña analizados en el año 2013 por el GPH.....	51

RESUMEN

TITULO: INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRIO.*

AUTORES:

ERIKA YURLEY CASTILLO ROJAS **

DAISSY ROCIO HERNÁNDEZ MENA. **

PALABRAS CLAVES: Agua subterránea, datos de calidad, SIG, usos del suelo, carga contaminante.

DESCRIPCIÓN: Este trabajo presenta la integración de información de puntos de agua subterránea y datos de calidad en un sistema de información geográfica (SIG), ArcGIS, mostrando resultados relevantes de contaminación del agua en las cuencas altas del Río de Oro, Río Tona y Río Frio; con el fin de establecer si ésta es apta para consumo humano, iniciar futuras investigaciones sobre carga contaminante y contribuir al conocimiento de la existencia de manantiales en este sector, debido a que éstos se han visto afectados por la construcción de obras civiles y la disposición de fuentes de contaminación sobre sus zonas de recarga. Se incluye en este trabajo mapas de clasificación, localización, información sobre actividades de contaminación y amenaza de los manantiales. La creación de este documento apoyara procesos de gestión y conservación del recurso hídrico, aporta mayor entendimiento sobre el agua subterránea en la zona de estudio. Debido a publicaciones realizadas anteriormente por el grupo de investigación en predicción y modelamiento hidroclicmatico (GPH) sobre el agua subterránea en la zona montañosa del macizo de Santander y en la región aluvial de Bucaramanga, se encuentra que los acuíferos de la región aluvial se recargan en la parte alta de la montaña, por tal motivo se realizó este proyecto con el fin de determinar si existe algún índice de contaminación sobre las aguas subterráneas.

*Trabajo de grado de investigación

** Facultad de ciencias Físico Mecánicas. Escuela ingeniería civil.

Director (I.C., M.Sc., Ph.D.) Sully Gomez Isidro

ABSTRACT

TITLE: INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRIO.*

AUTHORS:

ERIKA YURLEY CASTILLO ROJAS **

DAISSY ROCIO HERNÁNDEZ MENA **

KEYWORDS: Groundwater, data quality, GIS, Ground uses, Load Contaminant.

DESCRIPTION: This paper presents the integration of information points from ground water and data of quality in a system geographic information (SIG),ArcGIS, showing relevant results of contamination from the water in the high basins of Gold river, Tona river and Cold river with the purpose of establish if it's apt to human consumption, initiate researches futures about pollution load and contribute to the consciousness of the existence of fountainheads in this area, because these have been affected by the construction of civil works and arrangement of sources of pollution on its recharge sites. This paper includes classification maps, location, information about pollution activities and threat of the fountainheads. The creation of this document will support processes of management and conservation of the water resource; it contributes major understanding on the underground water in the zone of study. Due to publications realized previously by the group of research in prediction and hidroclimatico modelamiento (GPH) on the underground water in the mountainous zone of the clump of Santander and in Bucaramanga's alluvial region, be found that the aquiferous ones of the alluvial region are recharged in the high part of the mountain, for such a motive this project was realized in order to determine if some index of pollution exists on the underground waters.

*Master's Degree Thesis Work

** Physic-Mechanics Engineering Faculty. School of Civil Engineering

Advisor (I.C., M.Sc., Ph.D.) Sully Gómez Isidro

INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN SIG DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS CUENCAS RÍO DE ORO, RÍO TONA Y FRÍO.

ERIKA YURLEY CASTILLO ROJAS

DAISSY ROCIO HERNANDEZ MENA

RESUMEN

Este trabajo presenta la integración de información de puntos de agua subterránea y datos de calidad en un sistema de información geográfica (SIG), ArcGIS, mostrando resultados relevantes de contaminación del agua en las cuencas altas del Río de Oro, Río Tona y Río Frio; con el fin de establecer si ésta es apta para consumo humano, iniciar futuras investigaciones sobre carga contaminante y contribuir al conocimiento de la existencia de manantiales en este sector, debido a que éstos se han visto afectados por la construcción de obras civiles y la disposición de fuentes de contaminación sobre sus zonas de recarga. Se incluye en este trabajo mapas de clasificación, localización, información sobre actividades de contaminación y amenaza de los manantiales. La creación de este documento apoyara procesos de gestión y conservación del recurso hídrico, aporta mayor entendimiento sobre el agua subterránea en la zona de estudio. Debido a publicaciones realizadas anteriormente por el grupo de investigación en predicción y modelamiento hidrológico (GPH) sobre el agua subterránea en la zona montañosa del macizo de Santander y en la región aluvial de Bucaramanga, se encuentra que los acuíferos de la región aluvial se recargan en la parte alta de la montaña, por tal motivo se realizó este proyecto con el fin de determinar si existe algún índice de contaminación sobre las aguas subterráneas.

PALABRAS CLAVE: Aguas subterráneas, datos de calidad, SIG, usos del suelo, carga contaminante.

ABSTRACT

This paper presents the integration of information points from ground water and data of quality in a system geographic information (SIG), ArcGIS, showing relevant results of contamination from the water in the high basins of Gold river, Tona river and Cold river with the purpose of establish if it's apt to human consumption, initiate researches futures about pollution load and contribute to the consciousness of the existence of fountainheads in this area, because these have been affected by the construction of civil works and arrangement of sources of pollution on its recharge sites. This paper includes classification maps, location, information about pollution activities and threat of the fountainheads. The creation of this document will support processes of management and conservation of the water resource; it contributes major understanding on the underground water in the zone of study. Due to publications realized previously by the group of research in prediction and hydroclimatic modelamiento (GPH) on the underground water in the mountainous zone of the clump of Santander and in Bucaramanga's alluvial region, be found that the aquiferous ones of the alluvial region are recharged in the high part of the mountain, for such a motive this project was realized in order to determine if some index of pollution exists on the underground waters.

KEY WORDS: Groundwater, data quality, GIS, Ground uses, Load Contaminant.

INTRODUCCIÓN

Desde los años 60, es conocido que se han llevado a cabo estudios relacionados con el agua subterránea en la ciudad de Bucaramanga, cuando se creó la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Como resultado de investigaciones sobre el tema de aguas subterráneas en la zona aluvial de Bucaramanga y la zona montañosa del Macizo de Santander, se encuentra que los acuíferos de la región aluvial se recargan en la parte alta de la montaña. No obstante, el desconocimiento de esta información ha llevado a la generación de fuentes contaminantes sobre estas zonas de recarga.

En el desarrollo de este trabajo se ha podido observar que el agua subterránea, correspondiente a nacimientos de agua (manantiales) con caudales significativos y localizados en la zona montañosa del macizo de Santander, se utiliza en gran medida para el consumo de comunidades rurales de la región sin tratamiento o control. El uso masivo de este tipo de agua se atribuye al incremento de la población.

Los manantiales corresponden al drenaje natural del agua subterránea presente en la zona de la montaña, el cual previamente ha sido recargado a mayores alturas (donde la geología corresponde a rocas duras fracturadas), que luego se abre paso a través de rocas meteorizadas para salir a la superficie y finalmente es utilizada por la comunidad.

La relevancia de los trabajos realizados en torno al agua subterránea con la que cuenta el macizo de Santander, radica en que ésta es una fuente importante de abastecimiento del recurso para la región. No obstante, si esta fuente es contaminada, se puede afectar seriamente la reserva de los acuíferos.

La alta concentración de contaminación se atribuye a la construcción de obras de ingeniería necesarias para el desarrollo de la región (La doble calzada Bucaramanga-Cúcuta, estabilización de Taludes, etc.) y a actividades agropecuarias y agrícolas realizadas por la comunidad en la zona de montaña.

En este trabajo se integra nueva información sobre puntos de agua subterránea y datos relacionados

con calidad de la zona alta de las cuencas río de Oro, río Tona y río Frio. Además, se inician estudios sobre la carga contaminante que afecta este recurso. Asimismo, se determina la calidad del agua de la zona de montaña relacionando uso y ocupación del suelo. Para efectos de este trabajo se realizaron salidas de campo y análisis de los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua subterránea.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio definida corresponde a la zona rural de la montaña del Macizo de Santander, la cual está localizada al este de la falla de Bucaramanga entre alturas de 1000 y 3500 msnm, y es considerada un sector estratégico de almacenamiento de agua subterránea; su formación geológica está constituida por rocas ígneas (Cuarzomonzonitas) y metamórficas (Neis de Bucaramanga) altamente fracturadas y meteorizadas. Dentro de la hidrografía de la zona se encuentran El Río de Oro, Río Lato, Río Frio y Río Tona.

En la Microcuenca del Río Tona predominan los bosques naturales, rastrojos altos, potreros abiertos, cultivos permanentes con sombrío y ganadería de poca extensión (ver Anexo 10).

En la Microcuenca del Río de Oro predominan los páramos naturales, rastrojos bajos en gran cantidad, bosque andino, bosques plantados, potreros abiertos de gran extensión, ganadería y cultivos permanentes de mora y pastos (ver Anexo 10).

La Microcuenca del Río Frio presenta algunas zonas de bosque natural, rastrojos bajos, potreros abiertos, cultivos, ganadería y granjas avícolas. Adicionalmente, en el Corregimiento de La Corcova se observó un botadero de basura (ver Anexo 10).

La Microcuenca del Río Lato presenta zonas de bosque natural, potreros abiertos, rastrojos bajos, cultivos y ganadería. Incluye también parte del altiplano de Berlín, el cual es un sector importante en almacenamiento de agua subterránea, presenta bosques naturales a menor escala, pajonales,

cultivos transitorios, ganadería y también se observó, en el corregimiento de Berlín, un botadero de basura, el cual pueden ser causante de la contaminación en el agua por infiltración y arrastre (ver Anexo 10).

En la Tabla 1 se presenta la distribución de la población de los municipios del área de estudio (Bucaramanga, Piedecuesta y Tona) y en la Tabla 2 la de los corregimientos y veredas localizadas dentro del mismo territorio. Este número de habitantes sirve como insumo para estimar la cantidad de agua utilizada en el abastecimiento de la región y para analizar su carga contaminante.

Tabla 1: Población de los municipios del área de estudio.

MUNICIPIO	URBANA	RURAL	TOTAL
Bucaramanga	517286	6826	524112
Piedecuesta	106960	25720	132680
Tona	535	6350	6885

Censo 2005, DANE.

Tabla 2: Población de los corregimientos y veredas del área de estudio.

Municipio	Veredas y Corregimientos	Población
Bucaramanga	San José	169
	Retiro Chiquito	171
Tona	Babilonia	85
	Correg. La Corcova	221
Piedecuesta	La Nevera	45
	Correg. Sevilla	1491

Planes de Ordenamiento Ambiental de las Microcuencas del Oro y Tona, 2001-2003.

En la actualidad, la mayoría de acueductos veredales son hechos sobre manantiales y las viviendas son abastecidas por medio de mangueras, lo que muestra el notable uso de agua subterránea y el inminente peligro de contaminación por parte del hombre.

CAPITULO 2

2. CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

La carga contaminante o amenaza se refiere a la incorporación de sustancias que provocan un cambio en la calidad del agua subterránea afectando la salud de hombre, su calidad de vida o el funcionamiento natural del ecosistema [2]. El concepto de carga contaminante se analiza con el fin de establecer la posible amenaza de contaminación de los puntos de agua subterránea en el área de estudio.

Para la caracterización de esta carga, Foster e Hirata (1988) plantean una metodología para determinar el riesgo y el peligro de contaminación de las aguas subterráneas. El desarrollo de esta metodología se aplica agrupando las potenciales actividades de contaminación a nivel urbano, industrial, agrícola y actividad minera.

Desde un punto de vista teórico, para todas las fuentes o actividades potenciales de contaminación, es necesario poseer información detallada de cuatro características fundamentales: clase de contaminante, su intensidad, modo de descarga y duración de la misma, cuyas magnitudes se clasifican entre 0 y 1.

De acuerdo a las actividades antrópicas que generan carga al subsuelo, se puede deducir el índice de carga contaminante (ICC), relacionando matemáticamente las cuatro características mencionadas anteriormente (ver ecuación 1). Con este índice se puede definir el rango de amenaza al subsuelo para cada actividad contaminante.

A continuación se muestran los factores que relacionan el ICC:

$$ICC = CIFC * VRC + CIFI * VRI + CIFM * VRM + CIFT * VRT \quad (1)$$

VRC, VRI, VRM y VRT: Valor relativo asignado a la clase, intensidad, modo de descarga y duración del contaminante.

CIFC, CIFI, CIFM y CIFT: Coeficientes de importancia de los factores de clase, intensidad, modo de disposición y duración del contaminante.

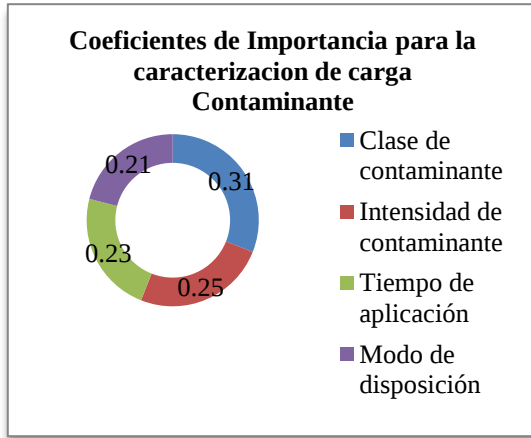


Figura 1. Coeficientes de importancia para la caracterización de carga contaminante [3].

La clase de contaminante es definida por su tendencia hacia la degradación o transformación in-situ como resultado de la actividad bacteriológica o reacción química en el ambiente subterráneo y por su coeficiente de retardo relacionado con el flujo de aguas subterráneas y con procesos como intercambio de cationes, sorción, etc. [4]. Como se muestra en la Figura 2, la clase de contaminante, según la degradación, toma valores desde insignificante hasta degradación rápida, y según la retardación, desde insignificante hasta fuerte. Mientras demore la degradación y más insignificante sea el retardo, más peligroso será el contaminante (en un intervalo de 0 a 1 será el mayor valor, es decir 1). Entre más rápida sea la degradación y menos persistente el contaminante su peligrosidad es menor.

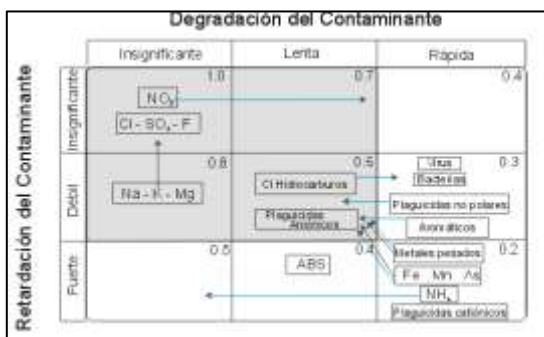


Figura 2. Clase de contaminante [4].

La intensidad de la contaminación se puede definir como la concentración probable de contaminante en un efluente o lixiviado, de acuerdo a los valores recomendados por la OMS

(Organización Mundial de la Salud) para la calidad de agua potable y por la proporción de la recarga del acuífero involucrada en el proceso de contaminación [4]. En la Figura 3 se observa la concentración relativa del contaminante en relación con los valores guía de la OMS y a la proporción de recarga afectada por la contaminación, la cual se divide en contaminación puntual (son puntos definidos y más concentrados), contaminación multipuntual (son varias fuentes puntuales cercanas entre sí) y contaminación difusa (son las que afectan un área del acuífero).

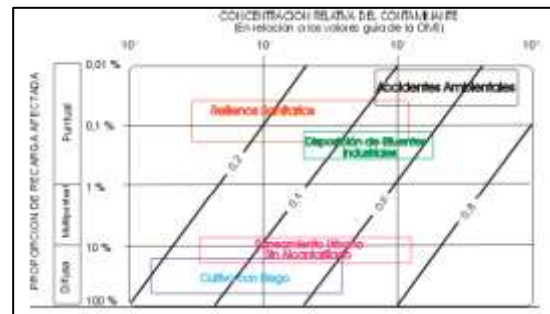


Figura 3. Intensidad del contaminante [4].

El modo de disposición del contaminante está definido por la carga hidráulica asociada con éste, incluyendo la infiltración natural de las precipitaciones y la profundidad bajo la superficie a la que el efluente es descargado o donde la lixiviación de residuos sólidos ocurre [4]. La Figura 4 muestra la relación entre la carga hidráulica y la profundidad de descarga del contaminante en relación con el nivel freático y la zona no saturada, (Es necesario conocer la profundidad de descarga del contaminante en el suelo con relación al nivel freático).

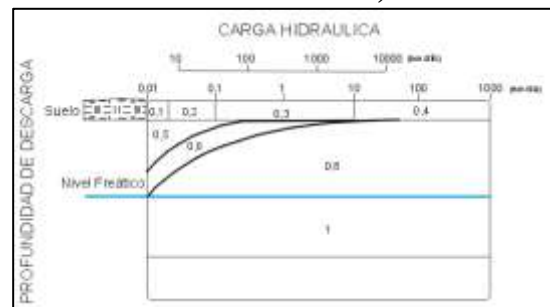


Figura 4. Modo de disposición del contaminante [4].

La duración de la aplicación de la carga está relacionada con la probabilidad de que el contaminante sea descargado al subsuelo y se refiere al periodo durante el cual se aplica esta carga, el cual puede variar de horas a décadas como se observa en la Figura 5 [4]. En la mayoría de los casos, esta duración es alta, a excepción de accidentes ambientales.

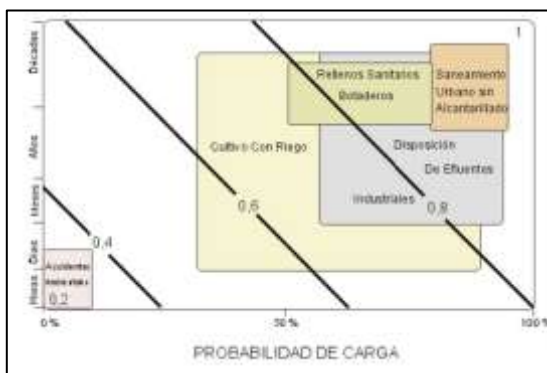


Figura 5. Duración de aplicación de la carga contaminante [4].

Cada una de estas características interactúa con un componente diferente de vulnerabilidad de contaminación de un acuífero y esta interacción determina el grado de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

El ICC se encuentra entre valores de 0 y 1, subdividido en tres intervalos: bajo (0-0.3), moderado (0.31-0.6) y alto (0.61-1) [5].

De forma general, se puede decir que la calidad del agua está en función de condiciones naturales (precipitación, escurrimiento, evaporación, infiltración o transpiración), de su uso (abastecimiento doméstico, sanitario, irrigación, cultivos o suministro de agua para animales) y ocupación del suelo en la cuencas hidrográficas [6].

Asimismo, la calidad asociada al agua se puede representar por medio de diversos parámetros que muestran sus características físicas, químicas y biológicas. Entre éstos cabe mencionar: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto, Nitratos, Recuento Estándar, Coliformes totales, E. Coli, pH y conductividad.

CAPITULO 3

3. REVISIÓN DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA ALTA DEL MACIZO DE SANTANDER Y CREACIÓN DEL SIG

Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta que permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Los SIG están diseñados para integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas relacionados con recursos naturales, evaluación de impactos ambientales, planificación urbana, cartografía, entre otras áreas. Para efectos de este trabajo se utilizó ArcGIS como Sistema de Información Geográfica, siendo éste una plataforma completa que permite, principalmente, el almacenamiento de datos y creación de mapas, entre otras funciones. Los mapas creados en este proyecto están en escala de 1: 25000.

La integración de nuevos manantiales al sistema de información geográfica, se hace gracias a la información suministrada por estudios de agua subterránea realizados por el grupo de investigación en predicción y modelamiento hidroclimático (GPH), a través de inventarios elaborados en salidas de campo de los años 2010, 2011 y 2012 (ver Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3), y con ayuda de algunas entidades como Ingeominas (ver Anexo 5) y la CDMB. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de puntos de agua subterránea suministrada por los inventarios mencionados con anterioridad y se incluye el número de concesiones de la CDMB (276) donde no se distingue al agua superficial del agua subterránea.

Tabla 3: Inventarios de puntos de agua, localizados en estudios anteriores en la zona de la montaña, [7].

FUENTE	CANTIDAD
Listado de concesiones de agua CDMB	276
Grupo GPH (UIS)	55
INGEOMINAS	126

Para complementar el SIG, se anexaron 7 puntos de aguas subterráneas, los cuales fueron tomados

en una salida de estudiantes de geología realizada en el año 2013, a cargo del grupo GPH. Estos últimos puntos se consideran de importancia, dado que se encuentran ubicados en las cuencas del río Charta y Vetás; zonas hidrogeológicas que no se han estudiado aún (ver Anexo 4).

3.1. Revisión y clasificación del listado de concesiones CDMB

Se llevó a cabo una revisión de las concesiones de la CDMB [7], con el fin de diferenciar cuáles puntos del listado corresponden a agua subterránea y cuáles a agua superficial y posteriormente se integró la información de puntos de agua subterránea al SIG desarrollado por el grupo de investigación GPH. En la Tabla 4 se observa la información de cada uno de los puntos del listado proporcionado por la CDMB, el cual tiene información limitada de éstos y no corresponde a un inventario específico de puntos de agua subterránea. A continuación, se muestran algunos criterios de calificación para los puntos de agua del listado:

- Manantiales Confirmados: concesión que se encuentra localizada sobre un punto de Ingeominas o GPH y son confirmados como manantiales.
- Puntos de Nacimientos: concesión que se encuentra en el inicio o en la parte más alta de la corriente hídrica que aparece en la cartografía.
- Manantiales sin Identificar: concesión que se encuentra lejos de los nacimientos de agua pero en alturas mayores y lejos de los manantiales ya confirmados por el grupo GPH e Ingeominas.
- Puntos de Agua Superficiales: concesión que se encuentra sobre el cauce de una corriente hídrica y alejada de los nacimientos.

Los manantiales sin identificar pueden ser catalogados como puntos de agua subterránea que deben ser confirmados en campo. Asimismo, los puntos de nacimientos de corrientes, cuando permanecen a lo largo del tiempo, pueden ser considerados como salidas de agua subterránea.

Tabla 4: Ejemplo de la información que contiene cada punto del listado de concesiones de la CDMB.

Este	Nor te	Nom bre	Caud al	Tipo consum o	Munici pio	Tipo de fuente

En la Tabla 5 se muestra el número de puntos que se obtuvieron aplicando la distinción anterior al listado de concesiones de la CDMB.

Tabla 5: Clasificación de concesiones del listado de la CDMB.

CLASIFICACIÓN	NÚMERO
Manantiales confirmados	42
Puntos de nacimientos de corrientes	43
Manantiales sin identificar	39
Puntos de aguas superficiales	152

Luego de haber realizado la clasificación del listado, se creó un mapa donde se muestra la ubicación geográfica de las concesiones (ver Figura 6).

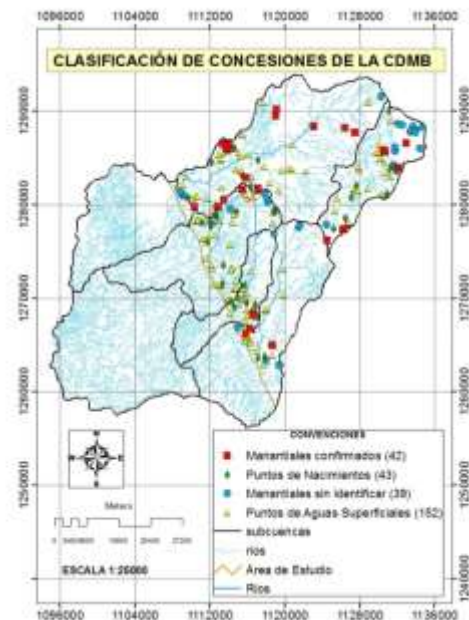


Figura 6. Clasificación de concesiones CDMB, según los criterios de clasificación; manantiales confirmados, manantiales sin identificar, puntos de nacimientos y puntos de aguas superficiales.

CAPITULO 4

4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

Para realizar el estudio de calidad del agua, se escogieron 8 puntos de aguas subterráneas del Macizo de Santander. Algunos de estos puntos fueron localizados dado que corresponden a una línea de flujo subterráneo confirmada (Retiro Chiquito, El Carajo, Km 15, Km 16 y Km 18 Vía ICP Sevilla) [8], otros debido a que fueron considerados importantes en investigaciones anteriores (Picacho El Uval) y un nuevo punto que se encontró en el inventario de la CDMB, ubicado cerca a la divisoria del río Charta (Babilonia). La localización de estos puntos se muestra en la Figura 7.

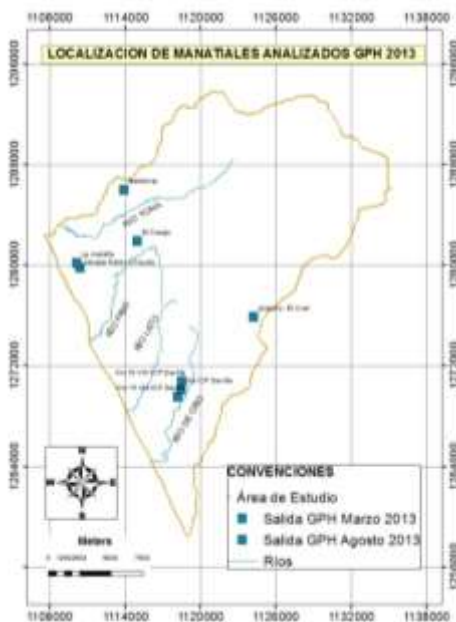


Figura 7. Localización de manantiales para realizar el estudio de la calidad de agua por el grupo GPH-UIS, 2013.

Como parte de este trabajo se realizaron dos salidas de campo en las cuencas río de Oro, río Tona y río Frio. La primera se llevó a cabo los días 20 y 21 de marzo de 2013 (época de verano y con una precipitación de 0 mm y 10 mm según datos del IDEAM para la ciudad de Bucaramanga) y la segunda, los días 1 y 2 de agosto de 2013,

días en los cuales se presentó una precipitación de 0.4 y 44.9 mm, respectivamente (según datos del IDEAM para la ciudad de Bucaramanga). Los muestreos realizados pueden verse afectados dado que los datos de precipitación fueron tomados en la estación pluviométrica de Bucaramanga (región cercana a la zona de montaña considerada) y corresponden a información de los días inmediatamente anteriores, lo cual supone una aproximación a las precipitaciones de los días en los cuales fueron realizadas las salidas, más no es una medida exacta.

En las dos salidas de campo se realizaron encuestas a la comunidad próxima de los manantiales (ver anexo 6), en las cuales se recopilaban datos de la población, usos del agua y actividades que podrían generar contaminación en la zona de estudio (ver Anexos 7 y 8). De los 8 puntos escogidos, 5 fueron seleccionados para realizar el análisis físico-químico y microbiológico (Retiro Chiquito, Babilonia, El Carajo, Km 18 Vía ICP Sevilla y Picacho El Uval), debido a que fueron considerados los más representativos.

Los parámetros medidos en campo fueron: temperatura, pH y Conductividad Eléctrica (CE) por medio de una sonda multiparámetros. Los parámetros analizados en laboratorio fueron: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), nitratos, recuento estándar, coliformes totales (CT) y E.coli. Cabe destacar que para la segunda salida de campo, el pH fue analizado en laboratorio a consecuencia de errores de calibración de la sonda multiparámetros. Para realizar el muestreo, se llevó a cabo el protocolo definido para el mismo, tomando las precauciones necesarias para evitar cambios en la composición química de la muestra antes del análisis (ver Anexo 9).

En general, a los 8 puntos establecidos en principio, se les realizó un aforo volumétrico durante las salidas de campo. Los caudales mostrados en la Tabla 6, obtenidos como resultado de estos aforos, no reflejan la totalidad del agua del manantial, debido a que se pierde cierta cantidad al realizar el procedimiento por el difícil acceso a la fuente y por las formaciones geológicas donde nace el agua. Los caudales que se muestran como producto de la segunda salida para los puntos Retiro Chiquito, San José y Babilonia, disminuyeron respecto a la primera salida porque no fueron aforados en el mismo sitio sino más cerca al nacimiento. Además, se observa

que el caudal del punto El Carajo se redujo un 40% en la segunda salida, a pesar que el aforo fue realizado en el mismo lugar que la primera salida. Cabe mencionar que el aforo en este punto se llevó a cabo en un pequeño chorro procedente de una manguera, lo cual indica que no representa la totalidad del agua del nacimiento. En los demás puntos se evidenció, en la segunda salida, un aumento en el caudal con respecto a la primera,

debido a que la segunda salida se hizo en época de lluvia.

Tabla 6: Caudal medido en los puntos de la zona de estudio.

ID	Nombre	Coordenadas		Altura m.s.n.m	Caudal L/s, Marzo 2013	Caudal L/s, Agosto 2013	Geología
		Este	Norte				
1	Retiro Chiquito	1110422.2	1279809.3	1544.17	0.8	0.4	Neis Bucaramanga
2	San José	1110184.6	1280180.6	1547.33	0.4	0.2	Neis Bucaramanga
3	Babilonia	1113926.9	1285986.8	1764.13	0.4	0.1	Neis Bucaramanga
4	El Carajo	1115007	1281932.8	2163.74	0.2	0.12	Cuarzomonzonitas de la corcova
5	Km 15 Vía ICP	1118194.9	1269565.5	2233.44	0.3	0.6	Gneis meteorizado y fracturado
6	Km 16 Vía ICP	1118468	1270138.7	2334.13	0.5	0.6	Gneis meteorizado y fracturado
7	Km 18 Vía ICP	1118522.8	1270745.9	2347.5	1.11	1.25	Gneis meteorizado y fracturado
8	Picacho El Uval	1124250	1275912	3465,00	0.114	0.4	Calizas

Fuente: salidas de campo.

Posterior a las salidas, se agregaron a ArcGIS los puntos de agua subterránea analizados en este trabajo con sus respectivos datos de calidad. Adicionalmente, se incluyeron los puntos hallados en estudios anteriores realizados por el grupo GPH, los manantiales clasificados en el listado de concesiones de la CDMB, los puntos encontrados en la salida de los estudiantes de geología realizada en el año 2013, a cargo de GPH y los puntos localizados por Ingeominas en los años 2006 y 2007, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Resumen del número de manantiales en la zona de la montaña.

Manantiales	Cantidad
Puntos con datos de calidad por el grupo GPH 2013	5

Manantiales clasificados del listado de la CDMB	42
Puntos Grupo GPH, 2010, 2011 y 2012	55
Salida de geología 2013	7
Ingeominas 2006 y 2007	126

Con los puntos de agua subterránea, incluidos en ArcGIS para la zona de la montaña, se realizó un mapa para el aprovechamiento del recurso hídrico, como se puede observar en la Figura 8.

Igualmente, en este sistema de información geográfica, se observan datos de calidad, tipos de manantiales, tipo de geología, usos del agua, color, olor, caudal y algunas observaciones que podrían servir de insumo para próximos análisis.

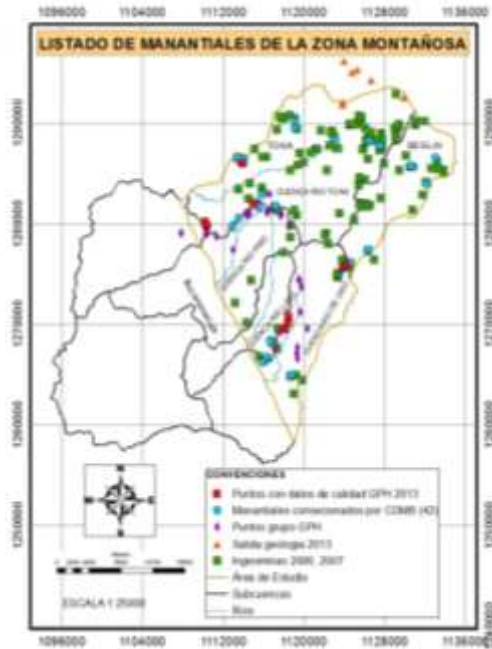


Figura 8. Inventario de manantiales en la zona de la montaña.

CAPITULO 5

5. RESULTADOS DE DATOS DE CALIDAD DEL AGUA

Para realizar un diagnóstico de la situación actual de la calidad del agua subterránea en la zona de la montaña, fue necesario efectuar un muestreo en campo y un análisis de laboratorio. A

continuación se presentan los resultados físicos, químicos y microbiológicos.

Tabla 8: Salida de campo marzo de 2013, muestreo de parámetros microbiológicos.

Nombre	Recuento Estándar (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	E.coli (UFC/100 ml)
Retiro Chiquito	1184	598	8
Babilonia	740	299	3
El carajo	67	42	15
Km 18 vía ICP	300	192	13
Picacho, El uval	207	57	0

Fuente: Análisis de laboratorio.

Tabla 9: Salida de campo agosto de 2013, muestreo de parámetros microbiológicos.

Nombre	Recuento Estándar (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	E.coli (UFC/100ml)
Retiro Chiquito	7400	7400	120
Babilonia	10360	10360	30
El carajo	30	30	0
Km 18 vía ICP	760	90	40
Picacho, El uval	30	10	10

Fuente: Análisis de laboratorio.

Tabla 10: Salida de campo marzo de 2013, muestreo de parámetros físico-químicos.

Nombre	Temperatura Aire (°C)	Temperatura Agua (°C)	pH (unidades de pH)	CE (uS/cm)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ / L)	Oxígeno Disuelto (mg O ₂ / L)	Nitratos (mg NO ₃ ⁻ / L)
Retiro Chiquito	19.9	18.8	7.77	136	10	8.09	4.35
Babilonia	29.7	19.8	7.22	155	10	8.05	0.56
El carajo	29.9	18.2	7.45	133	10	8.23	0.46
Km 18 vía ICP	21.9	15.6	3.47	142	10	8.43	0.584
Picacho, El uval	12.8	10.9	8.07	246	10	8.66	0.261

Fuente: salidas de campo y análisis de laboratorio.

Tabla 11: Salida de campo agosto de 2013, muestreo de parámetros físico-químicos.

Nombre	Temperatura Aire (°C)	Temperatura Agua (°C)	pH (unidades de pH)	CE (uS/cm)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ / L)	Oxígeno Disuelto (mg O ₂ / L)	Nitratos (mg NO ₃ ⁻ / L)
Retiro Chiquito	16.4	15.8	7.6	108	6	8.45	3.7
Babilonia	16.2	15	7.25	171	6	8.56	1.37
El carajo	18	15.5	7.43	118	10	8.82	0.31
Km 18 vía ICP	20.1	12.7	7.19	120	6	8.77	1.26
Picacho, El uval	8.3	7.1	7.99	248	6	8.86	0.92

Fuente: salidas de campo y análisis de laboratorio.

CAPITULO 6

6.2. Indicador de acidez, neutralidad y alcalinidad del agua (pH).

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el fin de establecer el grado de contaminación y determinar si las aguas subterráneas son aptas para el consumo humano, se analizan los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos de los manantiales del área de estudio (Retiro Chiquito, Babilonia, El Carajo, Km 18 Vía ICP Sevilla y Picacho El Uval).

6.1. Temperatura y Oxígeno Disuelto (OD)

La cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua está relacionada con la temperatura y la altura del lugar donde se encuentre. A mayor altura y menor temperatura, la cantidad de OD aumenta. De la información de las tablas 10 y 11, se observa que la cantidad de OD en el punto Picacho El Uval es el mayor y se debe a las condiciones naturales del punto y a que éste presenta una mayor altura y una temperatura más baja. Según la norma RAS 2000, las fuentes de agua son deficientes cuando tienen valores de OD menores a 4 mg/L [9]; en este caso, los valores registrados de OD en todos los puntos se localizan dentro del rango permitido para el consumo humano (mayor a 4 mg/L). Los resultados pueden ser no confiables, ya que no se fijaron en campo.

Los valores de pH tomados en la primera salida de campo indican condiciones ácidas (pH < 7) para el Km 18 (ver Tabla 10), que pueden ser causadas por disolución de rocas, descomposición de materia orgánica, o por descargas de vertimientos industriales. Sin embargo, se evidencia un cambio en la muestra tomada en la segunda salida (de un valor de 3.47 a uno de 7.19), el cual se puede atribuir a errores en campo relacionados con el equipo de medición utilizado. Por lo tanto, la última medición se considera aceptable porque fue analizada en el laboratorio (ver Tabla 11).

En general, las mediciones de pH de los demás puntos son similares entre sí e indican que el agua analizada presenta condiciones básicas (pH > 7), generadas por la disolución de rocas o la reacción del CO₂ con el agua. Con base en lo anterior, se puede inferir que el pH no tiene implicación en términos de salud pública, excepto aquellos valores que estén por debajo de 3 y por encima de 11, lo cual podría causar irritación en la piel o en los ojos [6] y podría indicar la presencia de efluentes industriales.

6.3. Nitratos

Los nitratos presentes en el agua son básicamente producto de la nitrificación del nitrógeno orgánico [6] y pueden ser generados de forma natural por procesos de meteorización de rocas presentes en el

área de estudio. Éstos entran en contacto con pequeñas corrientes o directamente con el suelo, luego se infiltran y finalmente llegan al agua subterránea.

Según los resultados de las tablas 10 y 11, se observa una concentración mayor de nitratos en el manantial de Retiro Chiquito. Este valor puede ser producto de descargas de aguas residuales generadas en pozos de absorción de las viviendas rurales asentadas en el área de estudio, excrementos de animales, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación o el cambio en la materia orgánica del suelo debido a la rotación de cultivos (ver anexo 10).

No obstante, los valores de nitratos obtenidos en este punto están dentro del permitido para el consumo humano por el decreto 475/98 de 10 mg/L [9]. Según las legislaciones de Brasil, la EPA y la OMS, los niveles máximos deben ser de 10 y 50 mg/L de nitratos a corto plazo como se muestra en la Tabla 13. Los valores altos de nitratos aumentan el consumo de oxígeno disuelto por el proceso de nitrificación y están asociados a enfermedades como la metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul).

En resumen, los resultados de nitratos de los demás puntos considerados, son bajos y pueden ser consecuencia del proceso de meteorización de las rocas ígneas presentes en el Macizo de Santander, que contienen pequeñas cantidades de nitrógeno (ver Tabla 12).

Tabla 12: Localización, geología, usos del suelo y población, de la zona de estudio.

LOCALIZACIÓN (veredas)	GEOLOGÍA	USOS DEL AGUA
Retiro Chiquito	Neis- B/ga	Consumo humano, riego
Babilonia	Neis- B/ga	Consumo humano
Finca El Carajo	Cuarzo monzonita de la corcova	Consumo humano, riego y vacuno
Km15 Vía ICP	Gneis meteorizado y fracturado	Consumo humano y riego
km 16 Vía ICP	Gneis meteorizado y fracturado	Consumo humano y riego

Km 18 vía ICP	Gneis meteorizado y fracturado	Riego
Picacho, El Uval	Calizas	Reserva natural

Fuente: Datos recopilados en campo.

6.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Este parámetro químico representa la cantidad de oxígeno necesario para que una población microbiana estabilice la materia orgánica biodegradable presente en la muestra; refleja el contenido de materia orgánica en la aguas y da un indicio del consumo de oxígeno disuelto.

En las Tablas 10 y 11 se observa que la DBO tiene una variación leve de 10 mg O₂/L a 6 mg O₂/L de una muestra respecto a otra, según la tabla 13, las fuentes se consideran deficientes si obtienen valores mayores de 4 mg O₂ /L en la DBO. Este aumento se diferencia de los resultados obtenidos en coliformes totales y E.coli, los cuales aumentaron significativamente y evidencian una mayor DBO para la descomposición de materia orgánica presente en los nacimientos.

6.5. Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es la capacidad que tienen las sales inorgánicas para conducir la corriente eléctrica, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas mayor será la conductividad. En general, la CE se incrementa conforme aumenta la temperatura. En los resultados de laboratorio se observa que el punto Picacho El Uval tiene una CE de 246 y 248 µs/cm, dado que en este punto existe una alta solubilidad de rocas sedimentarias con presencia de calizas o contaminación generada por zonas de recarga alejadas del manantial.

Se observó en la segunda salida de campo que la CE en todos los puntos se redujo posiblemente por la presencia de aguas lluvias o debido a bajas concentraciones de sales disueltas. El resultado de este parámetro por sí solo no asegura que el agua esté contaminada.

6.6. Coliformes Totales y E.coli

El grupo coliformes es un indicador de contaminación fecal, se presenta en gran cantidad en las heces humanas y tienen resistencia a la mayoría de bacterias patógenas intestinales. No obstante, si una muestra señala ausencia de coliformes, ésta podría contener patógenos [6].

Los principales indicadores de contaminación fecal son: coliformes totales (CT), coliformes fecales y Escherichia Coli. Los coliformes totales comprenden ciertas especies bacterianas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, de morfología bacilar y dentro de este grupo forman parte varios géneros; Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter. Los coliformes fecales son aquellos de origen intestinal, comprendidos dentro del grupo de coliformes totales. La Escherichia coli es la principal bacteria del grupo coliformes fecales y se encuentra en aguas residuales, efluentes tratados y aguas naturales sujetas a contaminaciones recientes. A diferencia de los coliformes totales y fecales, el E.coli es la única que da garantía de contaminación exclusivamente fecal [6].

En el análisis microbiológico se llevó a cabo un recuento estándar que incluye coliformes totales y bacterias de origen fecal, el cual es útil para evaluar el estado del agua en su origen. El valor aceptable, según Decreto 1594/84 y Resolución 2115 de 2007, es de 100 UFC en 100 mL de agua; por consiguiente, se puede decir que todos los manantiales analizados tienen contaminación microbiológica. Sin embargo, este resultado no garantiza la presencia de contaminación fecal.

La presencia de coliformes totales y E.coli, indica que el agua contiene materia fecal de seres humanos u otros animales de sangre caliente, y por tanto, existe contaminación en el agua subterránea que puede ocasionar enfermedades a quienes consumen el recurso en el área de estudio.

En la primera salida de campo se observó que la mayoría de los puntos tienen indicios de contaminación por materia fecal, a excepción del Picacho El uval, donde no hay presencia de material fecal (resultados de E.coli) pero si una leve contaminación de coliformes totales, causada posiblemente por otros tipos de microorganismos presentes en el agua.

En general, se observó en que hubo un aumento importante en el recuento estándar, los coliformes totales y E. Coli, lo que puede advertir la existencia de un foco de contaminación por materia fecal, debido a las actividades agropecuarias, presencia de animales salvajes, pájaros o por tanques de absorción. El aumento también se puede atribuir al arrastre de materia fecal de forma natural hacia la fuente en época de invierno. Sin embargo, como resultado de la segunda salida, el punto El Carajo no presentó contaminación por E.coli, lo cual puede adjudicarse al hecho que aguas arriba del manantial no se identifica contaminación reciente relacionada con excretas de animales o de seres humanos.

Según las normas descritas en la tabla 13 los coliformes totales y E. Coli, deben tener un valor de 0 para el abastecimiento doméstico, por tanto el agua de estos puntos, según esta consideración, no es apta para el consumo humano directo y su calidad es deficiente.

En la Tabla 13 se relacionan los valores recomendables para cada uno de los parámetros considerados anteriormente, según datos de normas o guías internacionales y nacionales usadas en este análisis de calidad.

Tabla 13: Valores admisibles por las normas estandarizadas, [9], [10], [11], [12].

Parámetros	Ras	EPA	OMS	Brasil
pH	6.5-9	6.5-8.5	6.5-9.5	6-9
Nitratos	10	10	50 a corto plazo	10
OD	>4			>6
DBO	3			3
CT	0	0	0	
E.coli	0	0	0	

Los análisis de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander, acreditado por el IDEAM según la Resolución No 1659 de 2011 y autorizado por el Ministerio de Protección Social mediante la Resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano. Los métodos son señalados en las tablas 14 y 15.

Tabla 14: Métodos usados en el laboratorio para análisis de parámetros fisicoquímicos.

PARÁMETRO	MÉTODO
pH (unidades de pH)	Potenciómetro / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	Termométrico / SM 2550 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ / L)	Respirométrico / SM 5210 D
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ / L)	Sonda Luminiscente
Nitratos (mg NO ₃ -/ L)	Espectrofotométrico / RODIER

Tabla 15: Métodos usados en el laboratorio para análisis de parámetros microbiológicos.

PARÁMETRO	MÉTODO
Recuento estándar (UFC/100 ml)	Filtración por Membrana / SM 9222B
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Filtración por Membrana / SM 9222B
E.coli (UFC/100 ml)	Filtración por Membrana / SM 9222B

6.7. Localización de manantiales sobre el mapa de amenaza

Se localizaron los manantiales analizados en este proyecto sobre el mapa de amenaza que se observa en la Figura 9, el cual se basa en el trabajo desarrollado por el grupo de investigación GPH [1]. En éste se analizaron las fuentes potenciales de contaminación del área de estudio en general, con el fin de caracterizar la carga contaminante y posteriormente evaluar la amenaza en la que se encuentran los manantiales.

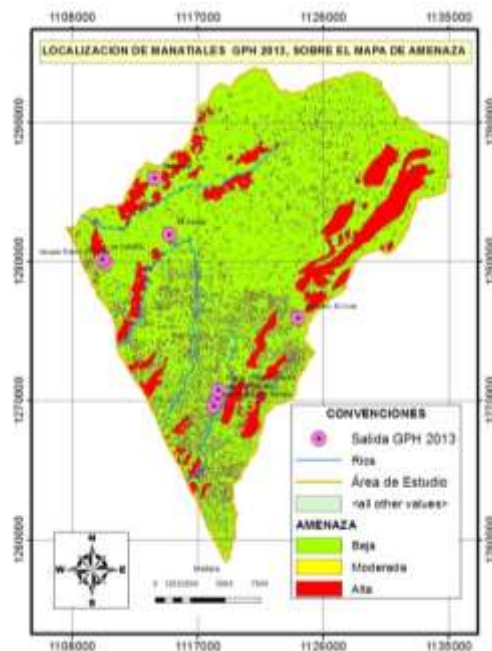


Figura 9. Localización de manantiales GPH 2013, sobre el mapa de amenaza [1].

Después de localizados los manantiales, se observa que en el SIG los puntos se encuentran en una amenaza alta de contaminación con un valor entre 0.61-1, de acuerdo a los rangos del índice de carga contaminante (ICC) [5].

CONCLUSIONES

La actualización del SIG se realizó gracias a la información suministrada por el grupo de investigación GPH, Ingeominas y la CDMB, los cuales proporcionaron un inventario de 189 manantiales identificados en la zona alta de la montaña. No obstante, esta actualización está sujeta a investigaciones posteriores que den a conocer la existencia de nuevos manantiales. De la misma forma, se desarrollaron mapas de inventarios de agua subterránea, los cuales pueden soportar futuros estudios en la región.

En el sector de la montaña existe un número importante de manantiales que son utilizados para consumo doméstico, cultivos, ganadería, avicultura entre otros. En este trabajo se identificaron como manantiales 42 puntos concesionados por la CDMB y señalados por el grupo de investigación GPH en investigaciones previas, 39 puntos del listado de concesiones de la CDMB se consideran manantiales potenciales

que deben ser confirmados en campo, y 43 puntos son nacimientos de corrientes, que si permanecen a lo largo del año, podrían ser llamados manantiales. Asimismo, se cataloga como aguas superficiales las 152 concesiones restantes del listado de la CDMB. Una falencia que tiene el listado de concesiones de la CDMB es la falta de identificación de lo que es un manantial o una corriente superficial. En el primer caso una concesión debe ser dada con información de campo solicitada por los formularios que tiene Ingeominas o el ministerio de medio ambiente.

A partir del análisis de resultados de calidad del agua y de las actividades que se desarrollan en la zona alta de la montaña del Macizo de Santander (actividades agropecuarias, agrícolas, obras de construcción, descargas de vertimientos domésticos, entre otras) se determina que los manantiales analizados se encuentran afectados por contaminación de diversa índole y no son aptos para el consumo humano, sin embargo actualmente están siendo utilizados con este fin por cerca de 200 personas alimentadas por los 8 manantiales estudiados.

Con base en las muestras tomadas para cada uno de los manantiales representativos de la zona alta de la montaña (Retiro Chiquito, Babilonia, El Carajo, Km 18 Vía ICP Sevilla y Picacho El Uval) se llevó a cabo un análisis de calidad del agua, teniendo en cuenta parámetros como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto (OD), Nitratos, Recuento Estándar, Coliformes totales, E. Coli, temperatura, pH y conductividad eléctrica. Con los resultados obtenidos en este análisis, se puede soportar la proposición anterior.

Según la metodología propuesta por Foster e Hirata, se puede inferir que los puntos analizados en este trabajo están expuestos a una alta amenaza de contaminación, influenciada por las actividades desarrolladas en la región a nivel urbano, agrícola y agropecuario.

RECOMENDACIONES

Se considera necesario mitigar aquellas actividades que puedan generar algún tipo de contaminación en los acuíferos y zonas de recarga, especialmente se debe prestar atención a botaderos de basuras, granjas avícolas y porcícolas presentes en la región, haciendo

seguimiento, mantenimiento y control de los vertimientos generados al agua y al suelo.

Se recomienda desarrollar planes de saneamiento de aguas residuales y de manejo de residuos sólidos en las zonas rurales del área de estudio, con el fin de mejorar los sitios de disposición y recolección de los mismos. En el caso de construir pozos sépticos, éstos deben ser diseñados y mantenerse adecuadamente para impedir que los lixiviados se infiltren en el suelo.

Se recomienda hacer una revisión exhaustiva de las licencias ambientales otorgadas a obras de ingeniería realizadas en la zona, ya que pueden afectar las condiciones de los acuíferos. Los cortes y rellenos en estas áreas pueden causar daños a los nacimientos y manantiales.

Se recomienda, como medida para el aprovechamiento del recurso hídrico, evitar la deforestación para cultivos en las zonas de montaña, dado que esta actividad afecta las zonas de recarga y aumenta la amenaza de contaminación por el incremento de abonos químicos.

Debido a la existencia de contaminación por materia fecal en el área, se recomienda mejorar la calidad del agua potable mediante el uso de filtros de Bioarenas Biosand Filters (BSF), los cuales pueden reducir notablemente los microorganismos patógenos. Estos filtros se pueden construir con material disponible localmente (grava, arena y corteza), su costo es bajo, el mantenimiento es mínimo y su peso es ligero [13].

Se recomienda educar y concientizar a la comunidad sobre causas y consecuencias de la contaminación de acuíferos. Generalmente, las comunidades rurales no conocen procesos de reciclaje y de manejo de residuos sólidos en las actividades que comúnmente realizan.

Se recomienda para futuras investigaciones de calidad del agua, fijar las muestras en campo para que no se alteren los resultados de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gómez S, Colegial J, Pulido M, Gutiérrez. 2011. Evaluación del Peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca superior del Río Lebrija. Grupo

- en predicción y modelamiento hidroclimático. Colombia.
- [2] FOSTER, S. et al. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Groundwater Management Advisory Team (GW-MATE). Banco mundial. Washington.
- [3] RUEDA, O. M. y ÁNGEL, J. 2004. Propuesta metodológica preliminar para calificar la carga contaminante al subsuelo en un acuífero libre. Lima, Perú.
- [4] Foster, S; Hirata, R; Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; una metodología basada en datos existentes, 1988.
- [5] Gaviria J, Betancur T, Una Caracterización de carga contaminante a los acuíferos libres del Bajo Cauca Antioqueño. Gestión y ambiente, vol. 8, núm. 2, diciembre 2005, pág. 94.
- [6] Von Sperling M., Introducción a la calidad del agua y al tratamiento de aguas residuales, primera edición, universitaria, universidad de Nariño, San Juan De Pasto 2012, capítulo 1, p. 17, 33, 155, 113, 115.
- [7] Gómez S, Colegial J, Pulido M, Gutiérrez F. 2011. Evaluación del Peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca superior del Río Lebrija. Grupo en predicción y modelamiento hidroclimático, pp. 204-215. Colombia.
- [8] Rueda J. Modelo hidrogeológico conceptual y revisión de la vulnerabilidad, amenaza y peligro a la contaminación del agua subterránea en la CSRL [Tesis De Maestría]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2013.
- [9] RAS 2000 título B, pág. B.44.
- [10] GESTA AGUA, Grupo de Estudio Técnico Ambiental, parámetros organolépticos http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf [citado 22 de octubre de 2013].
- [11] EPA, Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable; <http://water.epa.gov/drink/agua/estandares.cfm> [citado 22 de octubre de 2013].
- [12] OMS, Valores de Referencia para la Verificación de la Calidad Microbiológica; http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_7_fig.pdf [citado 22 de octubre de 2013].
- [13] Ali Baig S, Mahood Q, Nawab B, Nawaz Shafqat M, Pervez A. Improvement of drinking water quality by using plant biomass through household biosand filter- A decentralized approach: Ecological Engineering 37 (2011) 1842-1848.

ANEXOS

Anexo 1. Inventario de puntos de aguas en la zona de la Montaña, enero de 2011 por el grupo de investigación GPH.

	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá			Propiedades fisicoquímicas			OBSERVACIONES
Punto Numero	Fecha (dd/mm/año)	X	Y	Altura	T°C	CE (uS/cm)	pH	
1	27/01/2011	1110306	1278960	1584,5				Pozo ubicado en el km 10 vía Bucaramanga Cúcuta, cuenta con seguridad (candado) por lo tanto no se realizaron pruebas fisicoquímicas.
2	27/01/2011	1110437	1279065	1641,5	19,3	103	6,11	Flujo a través de una fractura
3	27/01/2011	1110147	1280173	1528	19,9	237	6,26	En este punto se toma el agua para el acueducto veredal de la Malaña.
4	27/01/2011	1110147	1280173	1528	19,9	166	6,17	Ubicado a menos de 3 metros del punto 3, igualmente se toma el agua para el acueducto veredal de La Malaña.
5	27/01/2011	1110439	1279779	1555	18,5	105	7,31	Nacimiento localizado a una altura de aprox. 30 metros de altura desde el carretable, este acueducto veredal abastece a las veredas de Gualilo Bajo y La Malaña.
6	27/01/2011	1110164	1279694	1650	21,2	182	7,23	Se encuentran cuatro nacimientos alrededor.
7	27/01/2011	1111316	1278725	1647,5	22,5	139	6,17	Hubo un deslizamiento sobre el cauce, el manantial sale de allí, el manantial se encuentra por debajo de la carretera, se encuentra instalada una cisterna.
8	27/01/2011	1116370	1281060	1985	18,2	61	6,05	Manantial que surge directamente de la roca y cae directamente sobre el río, aunque se encuentra por debajo de una conducción abierta que va hacia una truchera, se constató que el manantial es independiente del canal.
9	27/01/2011	1116370	1281060	1985	15,1	47	6,67	Punto Tomado sobre el cauce del Río Frio, hace parte del flujo base.
10	27/01/2011	1116895	1281470	2026	16,9	198	6,23	Tomado directamente del nacimiento, surge del suelo de manera dispersa haciendo difícil el aforo. Captación hecha para llevar a un acueducto veredal.

11	27/01/2011	1116637	1282909	1673	19,4	145	7,13	Tomado de un nacimiento con abundante humedad y flora, sobre todo musgo y helechos, queda 300m abajo del cruce de la quebrada golondrinas con la carretera que lleva desde el corregimiento la Corcova hasta La vía al municipio de Tona.
12	28/01/2011	1117716	1280782	2228	13,3	78,60	7,21	Manantial ubicado a aproximadamente 300m arriba y a la derecha de la entrada a los galpones de Pimpollo, abundante flora, especialmente helechos y musgo. Se recorre un sendero de aproximadamente 20m de longitud hasta llegar al lugar de la toma de datos.
13	28/01/2011	1117794	1280933	2241	13,8	102,00	7,33	Manantial ubicado a aproximadamente 600m de la entrada a los galpones de Pimpollo, abundante flora, especialmente helechos y musgo. Se encuentra una gran captación, varias mangueras, manantial inaccesible pero de gran producción hídrica.
14	28/01/2011	1118506	1279699	2505	12,0	41,20	6,98	Este punto se tomó debido a su inaccesibilidad sobre un cauce que da a la carretera, según informaciones de la comunidad el agua que se encuentra en esta zona nace en su mayor parte en el picacho, el nacimiento se encuentra a aproximadamente 40 m del borde de la carretera.
15	28/01/2011	1116886	1281760	1867	19,9	166,00	6,17	Manantial inaccesible, la muestra fue tomada sobre el cauce que baja del manantial, el manantial se encuentra a más o menos 20 m aguas arriba.
16	28/01/2011	1117299	1281855	2024	17,0	313,00	7,83	Gran cantidad de helechos, lugar referente debido a su gran conductividad, ubicado a aproximadamente 140 m de la carretera La Corcova - Golondrinas en la finca llamada Buenos Aires
17	28/01/2011			1650	16,2	37,50	7,88	Manantial no encontrado, tomado en un cauce contribuyente del rio Frio, ubicado en la única cascada que se encuentra en jurisdicción de la finca El Diviso
18	29/01/2011	1119753	1273722	2363	14,9	37,00	4,76	Este manantial se encuentra directamente sobre la excavación que se hizo para el gasoducto, presenta una productividad hídrica relativamente pequeña, con un caudal muy pequeño, para resaltar, el agua a aproximadamente 1 de su nacimiento toma una tonalidad café (¿óxido?), mas considero que puede ser por el terreno.

19	29/01/2011	1119753	1273722	2370	12,4	23,40	6,53	Este manantial está a aproximadamente a 30m al SE del manantial 1, a diferencia del manantial 1 la capa vegetal no fue afectada por la excavación, de él se toma agua para un acueducto veredal (una familia), gran cantidad de helechos.
20	29/01/2011	1119753	1273722	2382	18,5	17,70	5,36	Este manantial se encuentra a aproximadamente 10m del borde de la carretera, surge directamente del terreno, no existe captación para acueducto veredal.
21	29/01/2011	1119753	1273722	2385	16,5	66,70	5,16	Este manantial se encuentra a aproximadamente 7m del borde de la carretera, surge posiblemente de una fractura de roca, aunque se presenta un terreno de roca meteorizada alrededor de este, no existe captación para acueducto veredal. Se ubica a aproximadamente 60 metros arriba, por la carretera (en dirección hacia el kilómetro 40) del punto 4.
22	29/01/2011	1119668	1271237	2199	14,1	24,10	5,63	En la vereda cristales se encontró este nacimiento a aproximadamente 30m del borde de la carretera, surge directamente del terreno, abundante flora, helechos, clima templado a frío. Aguas abajo se encuentra la captación para un acueducto veredal.
23	29/01/2011	1120376	1269554	2194	17,5	81,50	5,32	Manantial de mediana producción hídrica, surge directamente del terreno, se utiliza para el abastecimiento de una familia, abundante flora.
24	29/01/2011	1119407	1267745	1935	18,0	124,00	7,19	Manantial no encontrado debido a la inaccesibilidad del terreno, aunque se ven mangueras que indican la presencia de un acueducto veredal, se tomó una muestra para isotopos.
25	29/01/2011	1119342	1267122	1859	18,6	125,00	7,07	Manantial ubicado a aproximadamente 400m de la Y Sevilla-Canelos, a 400m del borde de la carretera, se encuentra en una zona con abundante flora, en un humedal, lo interesante del sitio es que se encuentra en una zona relativamente plana.
26	29/01/2011	1119342	1267122	1856	19,3	28,70	7,61	Manantial ubicado a aproximadamente 400m de la Y Sevilla-Canelos, a 200m del borde de la carretera, se encuentra una ladera sin vegetación (deslizamiento), el flujo es mínimo.

27	29/01/2011	1119389	1266589	1868	19,8	84,50	7,09	Se encuentra cerca al borde de la carretera (10m), en una zona similar a un humedal, abundantes flora.
28	30/01/2011	1112860	1279755	1854	19,4	46,80	6,13	Este manantial se encuentra ubicado directamente sobre el corte que hizo la concesión vial Bucaramanga-Cúcuta, según informaciones de los residentes del sector el caudal se ha visto disminuido, pero siempre ha habido flujo a través del terreno.
29	30/01/2011	1112860	1279755	1837	18,9	114,00	6,15	Manantial ubicado por debajo de la vía, brota directamente del terreno, capa vegetal abundante.
30	30/01/2011	1112860	1279755	1836	19,9	111,00	6,87	Manantial ubicado por debajo de la vía, brota de un cumulo de rocas, capa vegetal abundante.
31	30/01/2011	1112860	1279755	1784	18,4	76,10	5,58	Manantial ubicado por debajo de la vía, hubo que desviar el cauce de la cañada para ver el manantial, brota de un cumulo de rocas, capa vegetal abundante.
32	30/01/2011	1112860	1279755	1789	18,9	51,00	5,49	Manantial ubicado por debajo de la vía, surge del terreno, de gran producción hidráulica, hay sendos manantiales con iguales características aproximadamente cada 7m, capa vegetal abundante.
33	30/01/2011	1115350	1282132	2220	17,1	23,80	6,26	Manantial ubicado por debajo del sendero que conduce hacia La Corcova, productividad hídrica buena, capa vegetal abundante, según el propietario se encuentra otro manantial por sobre el sendero.
34	30/01/2011	1115350	1282132	1994	18,7	87,40	6,26	Captación para un acueducto veredal, surge de un cumulo de rocas y es tomado directamente por una tanque en concreto, flora abundante.
35	30/01/2011	1115350	1282132	1994	17,9	66,20	5,89	Ubicado a menos de tres metros al N del punto número 7, este brota directamente del terreno, el flujo es mínimo, y va a desembocar en una cañada común con el manantial del punto 7.
36	30/01/2011	1115350	1282132	2019	18,9	66,00	6,9	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial.
37	30/01/2011	1115350	1282132	1974	19,2	66,30	6,29	El manantial brota directamente del suelo, gran cantidad de flora.

38	30/01/2011	1115350	1282132	1963	18,1	94,90	5,98	El manantial brota directamente del suelo y desemboca sin recorrido en una cañada que reúne todas las aguas de la finca El Prado, existe un tanque de gran capacidad hecho en arena y piedras que recoge las aguas para un acueducto veredal, gran cantidad de flora.
39	30/01/2011	1115350	1282132	2032	19,5	66,50	6,26	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial, se encuentra a aproximadamente 300m en línea recta al NE del punto número 7, productividad hídrica importante, es captado en su mayor parte el caudal, mas sin embrago la zona es muy húmeda.
40	30/01/2011	1115350	1282132	1987	18,4	78,00	6,61	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial, se encuentra a aproximadamente 300m en línea recta al NE del punto número 7.
41	30/01/2011	1115350	1282132	1989	17,5	52,10	6,7	El manantial brota de un cumulo de rocas, no existe ningún tipo de captación, se encuentra a aproximadamente 160 al este del punto número 12.
42	30/01/2011	1112932	1279747	1849	17,6	40,80	6,92	Este manantial se encuentra ubicado sobre el corte que hizo la concesión vial Bucaramanga-Cúcuta, el manantial es captado directamente por un tanque de gran capacidad.

Fuente: Grupo de investigación en predicción y modelamiento hidroclicmatico (GPH) de la universidad industria de Santander.

Anexo 2. Inventario de puntos de agua en la zona de la montaña, año 2010, por el grupo de investigación GPH.

	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá			Propiedades fisicoquímicas	OBSERVACIONES
Punto Numero	Fecha (mm/año)	X	Y	Altura	CE (uS/cm)	
1	01/2010	1117640.33	1269231.93	2194.591	68.7	"Km. 15 vía ICP-La Vega"
2	01/2010	1118185.69	1269447.41	2241.281	52.8	"Km. 16 vía ICP-La Vega"
3	01/2010	1123862.78	1275542.96	3418.016	191	"Picacho-La Mosita"
4	01/2010	1123740.84	1275400.45	3406.302	101	"Picacho-La Mosita"
5	01/2010	1118534.58	1270743.91	2333.274	60.8	Km. 18 vía ICP-La Vega
6	01/2010	1118534.58	1270743.91	2333.274	59.4	Km. 18 vía ICP-La Vega

Fuente: Grupo de investigación en predicción y modelamiento hidrológico (GPH) de la universidad industria de Santander.

Anexo 3. Inventario de puntos de agua en la zona de la montaña, año 2012, por el grupo de investigación GPH.

	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá			Propiedades fisicoquímicas			OBSERVACIONES
Punto Numero	Fecha (dd/mm/año)	X	Y	Altura	T°C	CE (uS/cm)	pH	
1	11/07/2012 8:28am	1117799	1280907	2229	14.4	118	5.9	Punto de GPS tomado en la vía. Sector conocido como la Finca La Mariana. Punto de agua para análisis de iones.
2	11/07/2012 10:06am	1115361	1282015	2203	16.6	34	5.85	Muestra tomada para análisis de iones.
3	11/07/2012 10:56am	1113526	1280540	1893	20	58.9	6.73	Muestra tomada para análisis de iones. Punto GPS tomado en la carretera
4	11/07/2012 13:10	1110428	1279811	1548	20.4	69	6.4	Muestra tomada para análisis de iones.
5	11/07/2012 15:32	1117095	1267519	1929	19.4	57	6.41	Muestra tomada para análisis de iones.
6	11/07/2012 16:05	1116317	1266591	1800	21	112	6.45	Muestra tomada para análisis de iones.
7	11/07/2012 16:10	1116317	1266591	1800	21.2	81.9	5.5	Muestra tomada para análisis de iones.
8	12/07/2012 10:00	1107865	1279048	1045	25.8	390	5.4	Muestra tomada para análisis de iones.
9	12/07/2012 11:00	1107865	1279048	1045	25.7	420	6.15	Muestra tomada para análisis de iones.

Fuente: Grupo de investigación en predicción y modelamiento hidrológico (GPH) de la universidad industria de Santander.

Anexo 4. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por la salida de geología 4 y 17 de enero de 2013.

COORDENADAS			NOMBRE	FOTOS No	GEOLOGÍA	CUENCA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	COMENTARIOS
ESTE	NORTE	ALTURA						
1129895	1292588	3728	PM1	Ea-261-263	Contacto Neiss-granodiorita	Rio Tona	Vía Berlín-Vetas, alrededor de cota 3700 hay una filtración en la ladera. Subiendo 150 metros en la loma se encuentra el nacimiento. Se observa perfil de suelo A de 50 cms, roca meteorizada de aspecto ígneo.	Se observa movimiento de agua por burbujas en un hueco de aprox.50 cms. Agua transparente, sin olor. En el mapa parece el nacimiento de Alisal
1126708	1294288	3024	PM2	Ea-264	Areniscas de la Formación Los Santos	Rio Tona, muy cerca a divisoria a Charta	Vía Charta hacia el Volcán al lado izq. Alrededor de la cota 3000	Se observa un charco de largo un metro, se observan mangueras que salen, Color verdoso, olor de algas. Es utilizada por una familia
1124003	1296171	2193	PM3	Ea-278-280	Areniscas Formación Tambor	Cuenca Charta	Saliendo de Charta por la carretera hacia vereda el Roble, pasando el puente amarillo a la izq de la carretera se encuentra un camino que bordea el margen derecho del rio charta aguas arriba, caminando una hora aprox. Después de la cueva de los murciélagos, en un potrero se observa un pequeño bosque	El agua es transparente, sin olor, la salida es superficial y se observan burbujas
1124795	1295051	2632	PM4- PM5	Ea-549	Calizas de F.Tablazo	Rio Charta	vía Charta, vereda el Roble (hacia el volcán), bajando por el camino peñas blancas en la Finca la Lajita	Se encuentran dentro del potrero, muy superficial, no tiene olor y se enturbia fácilmente, entre ellos hay una distancia de 100 m. aprox. Cerca se encuentra una dolina.
1125310	1295336	2626	PM6		Formación Paja	Rio Charta	Desde el potrero anterior caminando hacia el este aprox.500 metros bordeando la curva de nivel en un potrero	Se observa un hueco de aprox. 20 cms en el horizonte A de color negro. Agua transparente sin olor.
1123823	1292126	2635	PM7	Ea-604	Contacto Ortogneis y F.Tablazo	Rio Charta- Rio Tona	Muy cerca de la divisoria del Tona, Camino real Charta Tona. Saliendo desde la esc. Vereda el Roble, caminando 5 horas. Hasta la divisoria, se pasan antenas de luz, antes de llegar.	Existe una cerca alrededor con ganado, se observa un tanque. Vegetación alta en el sitio.
1123861	1291827	2608	PM8	Ea-610	Ortogneis	Rio Tona	Siguiendo el camino anterior después de llegar a la divisoria se baja y después de un derrumbe se encuentra el charco	Se observa una mancha de agua en el potrero en montículo de matas

Anexo 5. Listado de puntos de aguas en la zona de la montaña, realizados en los años 2006 y 2007 por Ingeominas.

PUNTO NÚMERO	CONTROL	COORDENADAS			TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS			MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
	FECHA (dd/mm/año)	ESTE	NORTE	ALTURA			T°C	CE (uS/cm)	pH			
1	08/03/2007	111353 9	128339 3	1371		1.4	20.0	179.0	8.0	Tona	R. Tona	manantial
2	08/03/2007	111465 1	128400 6	1394		0.0	22.0	160.0	8.3	Tona	R. Tona	Agua Superficial Q.Chucuri
3	04/07/2006	111430 8	127013 0	1420	Abastecimiento doméstico	1.4	29.0	73.0	8.0	Piedecuesta	Q.Mensulli	manantial
4	11/07/2006	111861 9	128532 8	1446		0.0	19.0	142.0	8.4	Tona	R. Tona	manantial
5	11/07/2006	111935 4	128582 7	1510		1.8	20.0	155.0	8.4	Tona	R. Tona	manantial
6	12/07/2006	111626 4	128663 9	1520		0.0	18.0	46.0	8.4	Tona	Quebrada Armania	Agua Superficial Q. Armania
7	12/07/2006	111587 0	128661 1	1556	Abastecimiento doméstico, riego	2.7	18.0	138.0	7.9	Tona	Quebrada Armania	manantial
8	05/07/2006	111554 3	126677 7	1593	Abastecimiento publico	0.1	21.5	108.0	6.7	Piedecuesta	Río de Oro	manantial
9	11/07/2006	111997 6	128610 4	1597		0.0	19.0	118.0	8.2	Tona	R. Tona	manantial
10	03/07/2006	111603 5	126630 7	1620	Abastecimiento doméstico	0.3	0.0	107.0	7.3	Piedecuesta	Rio de Oro	manantial
11	12/07/2006	111380 0	128632 5	1700		0.0	0.0	0.0	0.0	Tona	Q.Honda	manantial
12	12/07/2006	111340 5	128650 3	1705		0.3	18.0	142.0	7.8	Tona	Quebrada Honda	manantial
13	08/07/2006	111478 0	127434 0	1730	Abastecimiento publico	3.5	15.0	42.0	8.0	Floridablanca	Judía Grande	manantial
14	09/03/2007	111908 8	129043 4	1781		0.1	18.0	52.0	7.3	Tona	Q.Vegas del Quemado	manantial
15	10/07/2006	111802 5	129054 4	1810		0.6	17.0	73.0	8.0	Tona	Q.Vegas del Quemado	manantial

16	11/07/2006	112129 9	128740 0	1810		0.0	0.0	53.0	7.9	Tona	Rio Tona	manantial
17	10/07/2006	111784 5	129033 6	1815		0.0	17.5	46.0	8.0	Tona	Q.Vegas del Quemado	manantial
18	10/07/2006	111858 7	129079 6	1819	Abastecimiento publico	0.0	17.0	34.0	8.4	Tona	Q. Vegas del Quemado	manantial
19	11/07/2006	111450 8	128249 4	1820		0.6	18.0	80.0	8.4	Tona	Rio Tona	manantial
20	10/07/2006	111854 2	129076 5	1821	Abastecimiento publico	0.0	20.0	37.0	8.1	Tona	Q.Vegas del Quemado	manantial
21	11/07/2006	111874 9	126491 4	1831	Abastecimiento publico	0.0	19.0	79.0	7.6	Piedecuesta	Quebrada Caracol	agua superficial
22	10/07/2006	111733 2	128935 3	1834		0.0	19.0	75.0	7.7	Tona	Quebrada La Batea	manantial
23	11/07/2006	111455 0	128250 0	1850		3.0	18.0	58.0	8.5	Tona	Q.El Roble	manantial
24	11/07/2006	111862 9	126482 2	1867		0.0	20.0	124.0	5.4	Piedecuesta	Quebrada Caracol	manantial
25	01/03/2007	112255 9	128772 6	1884	Doméstico	0.5	16.0	202.0	7.9	Tona	R. Tona	manantial
26	06/03/2007	112299 0	128864 4	1892	Riego	0.1	20.0	312.0	7.5	Tona	R. Tona	manantial
27	05/03/2007	111506 7	128742 4	1900		0.1	18.0	64.0	7.5	Tona	R. Tona	manantial
28	11/07/2006	112113 0	128736 1	1904		1.0	16.0	71.0	8.1	Tona	Quebrada Guatinaja	manantial
29	01/07/2006	111735 1	126760 7	1915	Abastecimiento público, riego	1.1	0.0	51.0	7.7	Piedecuesta	Quebrada Faltriquera	manantial
30	11/07/2006	111927 6	126494 7	1918	Abastecimiento doméstico	0.5	18.0	85.0	7.5	Piedecuesta	Quebrada Caracol	manantial
31	06/07/2006	111315 0	127210 0	1920	Abastecimiento público, riego	0.1	17.0	25.0	6.7	Piedecuesta	Quebrada Mantilla	manantial
32	01/07/2006	111680 0	126820 0	1920	Abastecimiento público, riego	0.6	0.0	35.0	7.4	Piedecuesta	Quebrada Faltriquera	manantial
33	10/07/2006	112063 8	128709 9	1921		0.0	16.0	86.0	7.9	Tona		manantial
34	11/07/2006	111582 7	128362 8	1940		0.0	25.0	70.0	8.7	Tona	R. Tona	manantial
35	03/03/2007	111761 4	129065 5	1958		0.3	20.0	38.0	7.1	Tona	Q.Vegas del Quemado	manantial

36	14/07/2006	112278 3	128917 4	1970		0.0	14.0	89.0	8.2	Tona	Q. La Vida Centenaria	manantial
37	10/07/2006	111958 3	128704 9	1971	Abastecimiento doméstico	0.0	16.0	83.0	7.8	Tona	R. Tona	manantial
38	14/07/2006	112267 2	128906 2	1981		0.0	19.0	127.0	7.8	Tona	Q. La Vida Centenaria	manantial
39	11/07/2006	111596 2	128304 7	2010		0.0	0.0	0.0	0.0	Tona	Q. Golondrinas	manantial
40	11/07/2006	111983 2	126444 9	2020	Abastecimiento doméstico	0.1	19.0	114.0	7.0	Piedecuesta	Rio de Oro	manantial
41	06/03/2007	112225 6	128530 8	2039	Doméstico	0.2	14.0	335.0	8.1	Tona	R. Tona	manantial
42	11/07/2006	111900 0	126310 0	2077	Abastecimiento doméstico	0.6	19.0	82.0	7.6	Piedecuesta	Quebrada Caracol	manantial
43	14/07/2006	111926 4	128085 2	2090	Abastecimiento publico	2.5	14.0	58.0	7.6	Tona	Quebrada La Plazuela	manantial
44	01/03/2007	112454 5	128978 9	2120	Agrícola	0.0	14.0	31.0	7.5	Tona	R. Tona. Q. Los Arcos	manantial
45	09/03/2007	111928 8	128942 4	2126		0.4	14.0	44.0	7.4	Tona	Q.La Mesa	manantial
46	07/07/2006	112323 5	128747 1	2130		0.7	20.0	193.0	8.0	Tona	R. Tona	manantial
47	07/07/2006	112323 5	128747 1	2130		0.8	19.5	185.0	8.3	Tona	R. Tona	manantial
48	07/03/2007	111906 9	128138 4	2139		0.1	14.0	64.0	6.9	Tona	Q.La Mesa	manantial
49	08/07/2006	112457 8	128989 9	2140	Abastecimiento doméstico	0.0	19.0	237.0	8.6	Tona	R. Tona. Q. Los Arcos	manantial
50	10/03/2007	111739 1	126958 7	2184	Abastecimiento doméstico	0.1	15.0	31.0	6.3	Piedecuesta	Río de Oro	manantial
74	15/07/2006	112667 5	128905 2	2921	Ganadería	0.4	22.0	474.0	7.5	Tona	Q. Otuel	manantial
75	15/07/2006	112765 7	128898 8	2945		1.6	18.0	94.0	6.8	Tona	Q.Los Arcos	agua superficial
76	28/02/2007	112774 5	128848 6	2991	Ganadera/Riego	0.1	10.0	158.0	6.9	Tona	Q.Los Arcos	manantial
51	07/07/2006	112341 8	128751 5	2187	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	0.0	20.0	137.0	8.3	Tona	Rio Tona	manantial

52	10/07/2006	111735 5	128129 8	2208	Abastecimiento publico	0.0	16.0	38.0	8.3	Tona-Cgto. La Corcova	Rio Frio	manantial
53	17/07/2006	112546 5	129019 6	2234	Abastecimiento doméstico	0.0	16.0	302.0	7.9	Tona	Quebrada Los Arcos	manantial
54	02/03/2007	112167 5	128929 1	2235		1.0	0.0	38.0	6.5	Tona	Quebrada El Palmar	manantial
55	01/03/2007	112538 2	128986 7	2316	Doméstico	0.0	16.0	537.0	8.2	Tona	Q.Los Arcos	manantial
56	22/02/2007	112567 1	129036 9	2371		0.9	20.0	382.0	8.4	Tona	Quebrada Los Arcos	agua superficial
57	17/07/2006	112544 4	129071 7	2380	reserva	0.4	18.0	476.0	7.7	Tona	Quebrada Los Pantanos	manantial
58	17/07/2006	112571 9	129060 7	2400	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	0.1	18.0	461.0	7.5	Tona	Quebrada Los Arcos	manantial
59	01/12/2006	112632 2	128849 0	2430		0.2	15.0	800.0	8.0	Tona	Q. Rio sucio	manantial
60	01/12/2006	112659 7	128838 3	2460		1.5	15.0	592.0	0.0	Tona	Q. Rio sucio	manantial
61	07/11/2002	111867 8	127867 8	2490		1.2	0.0	31.0	5.8	Piedecuesta	Río Frío	manantial
62	01/03/2007	112608 1	128946 9	2491	Doméstico	0.3	18.0	680.0	6.9	Tona	Q.Los Arcos	manantial
63	01/12/2006	112702 1	128825 4	2600		0.1	14.0	385.0	0.0	Tona	Q. Rio sucio	manantial
64	01/12/2006	112775 0	128825 4	2600		0.2	15.0	635.0	7.7	Tona	Q. Rio sucio	manantial
65	07/11/2002	111872 7	127985 5	2610		0.5	0.0	25.0	6.1	Piedecuesta	Río Frío	manantial
66	01/12/2006	112771 3	128738 8	2680		1.2	14.0	200.0	7.7	Tona	Q. Rio sucio	manantial
67	02/12/2006	112772 3	128772 9	2700		1.6	16.0	255.0	7.8	Tona	Q. Rio sucio	manantial
68	10/07/2006	111796 9	127714 6	2716		1.4	0.0	22.0	8.5	Floridablanca	R. del Hato	manantial
69	01/12/2006	112613 3	128824 7	2724		2.4	15.0	535.0	8.3	Tona	Q. Rio sucio	superficial
70	01/12/2006	112646 2	128852 0	2726		0.3	15.0	963.0	7.6	Tona	Q. Rio sucio	manantial
71	27/02/2007	112632 5	128816 8	2744		0.6	16.0	644.0	7.9	Tona	Q.Riosucio	manantial
72	02/12/2006	112765 7	128781 0	2780		0.5	15.0	106.0	8.4	Tona	Q. Rio sucio	superficial

73	28/02/2007	112663 8	128841 7	2781	Doméstico	3.6	12.0	518.0	8.0	Tona	Q.Riosuscio	manantial
77	01/12/2006	112588 1	128742 4	2996		0.0	15.0	597.0	8.0	Tona	Q. Rio sucio	manantial
78	28/02/2007	112746 8	128731 3	2997	Doméstico	0.5	13.0	160.0	8.2	Tona	Q.Riosuscio	manantial
79	01/12/2006	112583 9	128734 5	3047		0.2	15.0	314.0	7.0	Tona	Q. Rio sucio	manantial
80	12/07/2006	112354 6	128103 0	3077		0.0	12.0	107.0	8.0	Tona	Q. Lagunetas	manantial
81	14/07/2006	112896 7	128944 9	3119	Abastecimiento doméstico	0.1	14.0	29.0	6.2	Tona	Q. Los Arcos	manantial
82	29/06/2006	113012 2	128676 9	3210	Abastecimiento doméstico	0.0	14.3	23.0	7.1	Tona	Quebrada Pescadero	manantial
83	14/07/2006	112219 0	127906 8	3210		0.1	10.0	5.0	7.2	Tona	Q.Montecristo	manantial
84	14/07/2006	112938 8	128983 7	3230	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	0.4	14.0	48.0	7.2	Tona	Q. Los Arcos	manantial
85	29/06/2006	113050 4	128564 5	3251	Abastecimiento doméstico	0.3	0.0	47.0	7.2	Tona	Quebrada Pescadero	manantial
86	01/12/2006	112635 9	128645 1	3255		0.1	15.0	33.0	7.1	Tona	Q. Rio sucio	manantial
87	30/06/2006	112601 6	128441 0	3270	Abastecimiento doméstico, riego	1.0	0.0	38.0	7.5	Tona (Berlín)	Quebrada La Locura (R. Tona)	manantial
88	29/06/2006	113074 6	128563 8	3272	Abastecimiento doméstico	0.3	13.6	47.0	8.1	Tona	Q. Jordán o Arenales	manantial
89	30/06/2006	112942 4	128533 5	3280	Abastecimiento doméstico, riego	0.9	0.0	50.0	7.7	Tona (Berlín)	Quebrada Pescadero	manantial
90	13/07/2006	112339 7	127466 1	3283		0.0	9.0	265.0	7.4	Tona	Río de Oro	manantial
91	14/07/2006	112954 0	128965 8	3298	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	1.6	14.0	71.0	7.5	Tona	Q. Los Arcos	manantial
92	15/07/2006	112917 8	128889 7	3298	Abastecimiento doméstico	0.1	10.0	16.0	6.6	Tona	Q.Los Arcos	manantial
93	30/06/2006	112658 6	128180 9	3300	Abastecimiento doméstico	0.8	0.0	32.0	7.6	Tona (Berlín)	Q.Pescadero	manantial

94	13/07/2006	112323 5	127484 6	3309		0.0	10.0	5.0	6.6	Tona	Río de Oro	manantial
95	29/06/2006	112613 8	128198 8	3310	riego y ganadería	0.3	0.0	58.0	7.3	Tona (Berlín)	Q.Pescadero	manantial
96	30/06/2006	112758 5	128253 6	3310	Abastecimiento doméstico, riego	0.6	0.0	32.0	7.0	Tona	Q.Pescadero	manantial
97	13/07/2006	112237 8	127802 7	3310		0.0	16.0	107.0	7.8	Tona	Río de Oro	manantial
98	03/07/2006	112910 1	129287 5	3318	Abastecimiento doméstico, ganadería	0.3	0.0	59.0	7.6	Tona	Quebrada Los Arcos	manantial
99	15/07/2006	112905 6	128844 4	3322	Abastecimiento doméstico	0.3	0.0	4.0	7.8	Tona	Q. Los Arcos	manantial
100	29/06/2006	112623 0	128170 6	3330	Abastecimiento doméstico	0.2	17.0	33.1	6.4	Tona (Berlín)	Q.Pescadero	manantial
101	13/07/2006	112337 5	127510 1	3345		0.0	11.0	8.0	8.3	Tona	Río de Oro	manantial
102	13/07/2006	112377 5	127642 5	3350		0.8	10.0	86.0	7.9	Tona	Río de Oro	manantial
103	14/07/2006	112210 0	127882 4	3350		0.0	0.0	0.0	0.0	Tona	Q. Palermo	manantial
104	13/07/2006	113212 0	128412 2	3353	Abastecimiento público/diario restaurante La Playa	0.3	14.0	90.0	6.8	Tona	Quebrada Jordán	manantial
105	12/07/2006	113321 0	128619 2	3365	Abastecimiento doméstico	0.2	0.0	26.0	7.2	Tona	Quebrada Pescadero	manantial
106	12/07/2006	113377 8	128528 1	3389		0.1	10.0	26.0	7.6	Tona	Q. Pescadero	manantial
107	04/07/2006	112791 8	128597 1	3397	Doméstico, riego, ganado	0.3	12.4	62.0	7.5	Tona	Q.Pescadero	manantial
108	12/07/2006	113339 1	128546 6	3410		1.3	14.0	16.0	7.0	Tona	Quebrada Pescadero	manantial
109	04/07/2006	112598 1	128439 5	3411	Doméstico/ganad o	1.8	11.6	48.0	7.6	Tona	Q.Lucura-Tona	manantial
110	13/07/2006	113173 1	128284 0	3416	Abastecimiento doméstico	0.8	16.0	57.0	7.3	Tona	Quebrada Arenales	manantial

111	04/07/2006	1125480	1284583	3419	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	1.6	11.7	46.0	7.9	Tona	Q.Lucura	manantial
112	12/07/2006	1133893	1285097	3422	Abastecimiento doméstico	0.1	12.0	33.0	7.9	Tona	Q.Pescadero	manantial
113	12/07/2006	1133305	1285429	3430	Abastecimiento doméstico, riego, ganado	0.0	10.0	6.0	7.8	Tona	Q.Pescadero	manantial
114	30/06/2006	1125498	1281879	3430	riego	1.5	18.7	48.0	7.3	Tona	Q. Montecristo	manantial
115	12/07/2006	1132619	1285505	3432	Abastecimiento doméstico	0.0	14.0	12.0	7.3	Tona	Quebrada Jordán o Arenales	manantial
116	30/06/2006	1124951	1280395	3444		1.1	15.0	21.0	7.0	Tona	Arenales	manantial
117	13/07/2006	1130742	1281332	3456	Abastecimiento doméstico, riego	0.1	12.0	0.0	7.6	Tona	Quebrada Arenales	manantial
118	03/07/2006	1123844	1275529	3463	Abastecimiento doméstico, ganado	1.4	10.7	412.0	7.9	Tona	Quebrada La Moza	manantial
119	29/06/2006	1125442	1283819	3487	Abastecimiento doméstico	1.2	13.2	77.0	7.4	Tona	Q.Pescadero	manantial
120	01/07/2006	1126958	1276392	3500		7.9	13.9	22.0	7.4	Piedecuesta? Tona	Quebrada Parra	manantial
121	30/06/2006	1126389	1277367	3502	Abastecimiento público, riego, ganado	5.0	13.0	24.0	7.4	Tona	Q.Arenales	manantial
122	29/06/2006	1131064	1289789	3512	Abastecimiento publico	0.0	0.0	59.0	7.5	Tona	Quebrada Honda	cueva
123	03/07/2006	1131124	1290176	3541	Abastecimiento doméstico	0.1	0.0	46.0	7.8	Tona	Q.Honda	manantial
124	03/07/2006	1124571	1276107	3544		5.0	11.5	26.0	7.5	Tona	Río de Oro	manantial
125	03/07/2006	1131966	1290164	3570	Abastecimiento doméstico	0.6	0.0	34.0	7.5	Tona	Q.Pescadero	manantial
126	03/07/2006	1124510	1275705	3570		0.0	10.1	20.0	7.7	Tona	Quebrada La Moza	manantial

Anexo 6. Modelo de preguntas utilizado en la salida de campo.

Actividad residencial y actividad agropecuaria.

1. Ubicación del lugar donde se realiza las preguntas.

Municipio _____

Vereda _____

Coordenadas E _____ N _____ Altura _____

Fecha _____ Hora _____

2. Presenta sistema de alcantarillado el lugar de estudio

Sí _____ No _____

3. Qué sistema de recolección maneja el lugar para aguas residuales.

- a. Pozos sépticos.
- b. Letrina.
- c. Zanjas.
- d. Descargas directamente al terreno.
- e. Otros.

4. Descargan las aguas residuales a corrientes superficiales.

Sí _____ No _____

5. Qué tipo de actividad ganadera se realiza el lugar.

- a. Vacuna
- b. Ovina
- c. Porcina
- d. Avícola
- e. Otros

6. Que tan grande es la ganadería en el lugar.

- a. Extensa.
- b. Pocas cabezas.

7. Qué tipo de cultivos se dan en la zona:

8. Como controlan las plagas que arremeten los cultivos:

9. Utilizan fertilizantes_____

10. Para que utilizan el agua del nacimiento (manantial):

- a. Abastecimiento doméstico.
- b. Sanitario.
- c. Irrigación.
- d. Cultivos.
- e. Suministro para animales.
- f. Otros.

11. Cuantos usuarios o viviendas aproximadamente abastece el manantial o nacimiento en el lugar:

12. El nacimiento (manantial) se seca durante el año:

Sí_____No_____

13. Existen otros manantiales alrededor del sitio de estudio y cuales son:

14. El punto registra alguna Concesión.

Sí_____No_____

15. De aparecer algún registro de concesión, como se llama el nombre de la concesión del lugar.

Anexo 7. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por el grupo de investigación GPH, 20 y 21 de Marzo de 2013.

Punto Numero	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá			NOMBRE	Propiedades fisicoquímicas				Observaciones
	Fecha (dd/mm/año) Hora	X	Y	Altura		T °C Aire	T °C agua	CE (uS/cm)	pH	
1	20 de marzo 6:45 a.m.	1110422.2	1279809.3	1544.17	Retiro Chiquito	19.9	18.8	136	7.77	Se aforo, se recolecto muestra de isotopos y muestras para análisis de laboratorio. Se encontró un tanque aguas arriba funcionando y una caja junto a vía carretearle.
2	20 de marzo 7:42 a.m.	1110184.57	1280180.61	1547.33	San José					Se aforo y se tomó muestra de isotopos. Se encontraron dos cajas al lado del camino, y un tanque sin agua y una caja más inaccesible. En toda la zona de nacimiento escurre agua, solo aforamos una caja.
3	20 de marzo- 12:14 p.m.	1113926.91	1285986.77	1764.13	Babilonia	29.7	19.8	155	7.22	Había poca cantidad de agua sin embargo se aforo, se tomó muestra para isotopos y para análisis de laboratorio.
4	20 de marzo- 14:45 p.m.	1115006.98	1281932.8	2163.74	El carajo	29.9	18.2	133	7.45	Se tomó muestra para isotopos en el nacimiento y para análisis de laboratorio, luego se aforo. Zona bastante húmeda y se observó un tanque de concreto para una capacidad de aprox 15000 lts.
5	21 de marzo- 7:10 a.m.	1118194.87	1269565.52	2233.44	Km 15		15.8	119	3.26	Había poca cantidad de agua y difícil de aforar porque es una cascada por donde escurre el agua, y se tomó muestra para isotopos.
6	21 de marzo- 7:40 a.m.	1118467.98	1270138.65	2334.13	Km 16	19.5	15.2	148	3.97	Se aforo, muestra de isotopos. Se encontró caja y tanques junto a la vertiente.
7	21 de marzo- 8:28 a.m.	1118522.78	1270745.87	2347.5	Km 18	21.9	15.6	142	3.47	Se encontraron varias caídas de caudal pequeño para aforar, luego se tomó muestra para isotopos y análisis de laboratorio. Se observaron captaciones hechas por vivientes de la zona.
8	21 de marzo- 12:30 p.m.	1124250	1275912	3465	Picacho – El uval	12.8	10.9	246	8.07	Se observaron varios nacimientos con poco caudal hasta que se encontró un nacimiento mayor donde se realizó el aforo, la toma de muestras de isotopos y laboratorio. (Lugar con difícil acceso). Zona de cavernas y solo fue posible aforar una pequeña parte.

Anexo 8. Listado de puntos en la zona de la montaña realizado por el grupo de investigación GPH, 1 y 2 de agosto de 2013.

	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá				Propiedades fisicoquímicas				
Punto Numero	Fecha (dd/mm/año) Hora	X	Y	Altura	NOMBRE	T °C Aire	T °C agua	CE (uS/cm)	pH	Observaciones
1	01/08/2013, 1:45 pm	1110422	1279809	1544.17	Retiro Chiquito	16.4	15.8	108	7.6	Se aforo cerca al nacimiento, toma de muestras para análisis de laboratorio. Se encontró un tanque aguas arriba, y dos cajas al lado de la vía. Este manantial abastece al acueducto de La Malaña, está contaminado por pozos de absorción y no es posible saber de concesiones y usuarios. Las viviendas cercanas a este punto, captan agua de otro manantial llamado las ranas, son cinco (5) usuarios, utilizan el manantial las ranas para el consumo doméstico, para el riego del café y plátano, y no registra concesión tampoco.
2	01/08/2013, 2:30 pm	1110185	1280181	1547.33	San José					Se aforo la caja que se encontró en funcionamiento. Se localizaron dos cajas al lado derecho del camino, y una tercera caja al lado izquierdo del camino. En toda la zona escurre agua y concurre hacia una sola caja, abastece al acueducto de La Malaña y 2 usuarios de la vereda San José.
3	01/08/2013, 6: 45 am	1113927	1285987	1764.13	Babilonia	16.2	15.0	171	7.25	Había poca cantidad de agua, sin embargo se aforo en el nacimiento, y se tomó muestras para análisis de laboratorio. Se encontró una caja con rejilla, de la cual sale agua para abastecer a la vereda Babilonia.
4	01/08/2013, 11:00 am	1115007	1281933	2163.74	El carajo	18.0	15.5	118	7.43	Se tomó muestra para análisis de laboratorio, luego se aforo un pequeño chorro procedente de la manguera, porque no fue posible medir la salida de agua en el tanque de concreto y dentro del tanque escurre más agua, aparte de la que entra por la manguera.
5	02/08/2013, 1: 30 pm	1118195	1269566	2233.44	Km 15		14.5	105		Se encontró una cascada, donde se procedió a realizar el aforo, se observaron dos mangueras las cuales captan el agua para riego y 300 metros más arriba de la cascada toman el agua para consumo humano. No se seca el manantial.
6	02/08/2013, 12: 30 pm	1118468	1270139	2334.13	Km 16	18.5	14	136		El nacimiento se encuentra aproximadamente a 150 metros, se observaron dos cajas, una a cada lado de la vía. El aforo se realizó en la corriente antes de llegar a la primera caja y también se aforo el chorro de la manguera que llega a la segunda caja (0.3 L/s). No se seca durante el año. Se utiliza para consumo humano y riego de mora.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INTEGRACIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN EN UN SIG DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA Y DATOS DE CALIDAD, EN LA ZONA ALTA DE LAS
CUENCAS RIO DE ORO, RIO TONA Y FRÍO.

7	02/08/2013, 11:30 am	1118523	1270746	2347.5	Km 18	20.1	12.7	120	7.19	Esta corriente es de mayor caudal comparada con los demás puntos, se aforo aproximadamente a 80 mts y se tomaron muestras para laboratorio. Se observó un hoyo hecho por vivientes de la zona del cual sacan agua con mangueras solo para riego, es agua contaminada porque le caen aguas negras a la corriente, los habitantes tienen otro aljibe y un acueducto para el consumo humano. Llovió el día anterior.
8	02/08/2013, 7:30 am	1124250	1275912	3465	Picacho – El uval	8.3	7.1	248	7.99	Este nacimiento está dentro de una propiedad privada, es una zona de reserva forestal y protección hídrica, el manantial no es utilizado por encontrarse en una parte baja, se realizó el aforo y la toma de muestras para laboratorio, se observó mayor caudal y estaba nevando en el lugar a las 7:30 am. Zona de cavernas.

Anexo 9. Protocolo de muestreo de la calidad del agua subterránea.

Para realizar un muestreo de agua subterránea, se debe tener en cuenta la norma NTC-ISO 5667-11, ya que los métodos de muestro hacen que la muestra sean sometidos a cambios en la composición, debido al contacto atmosférico, porque pueden producir cambios en la oxidación, actividad microbológica, precipitación, volatilización y cambios en la apariencia. Es preferible emplear una técnica de medición continua, para evitar el contacto entre la muestra y la atmosfera.

En todos los casos se debe garantizar que los recipientes se envíen al laboratorio cerrados herméticamente, protegidos de los efectos de la luz y el calor, si no se lleva a cabo la preservación de la muestra, la calidad de la muestra puede variar debido al intercambio de gas, las reacciones químicas y el metabolismo de los organismos. También se debe garantizar que las muestras que no se pueden analizar en un mismo día sean estabilizadas o preservadas. Para almacenamiento por periodos cortos, se puede aplicar refrigeración a 4 °C; para almacenamiento por periodos más largos, se aconseja congelar a menos 20°C

Las muestras también se deben preservar añadiéndoles químicos, pero asegurándose que el método de preservación escogido no interfiera en el examen de laboratorio (véase la norma NTC-ISO 5667-3).

A continuación se muestra el protocolo, que se utilizó para el muestreo de las fuentes analizadas:

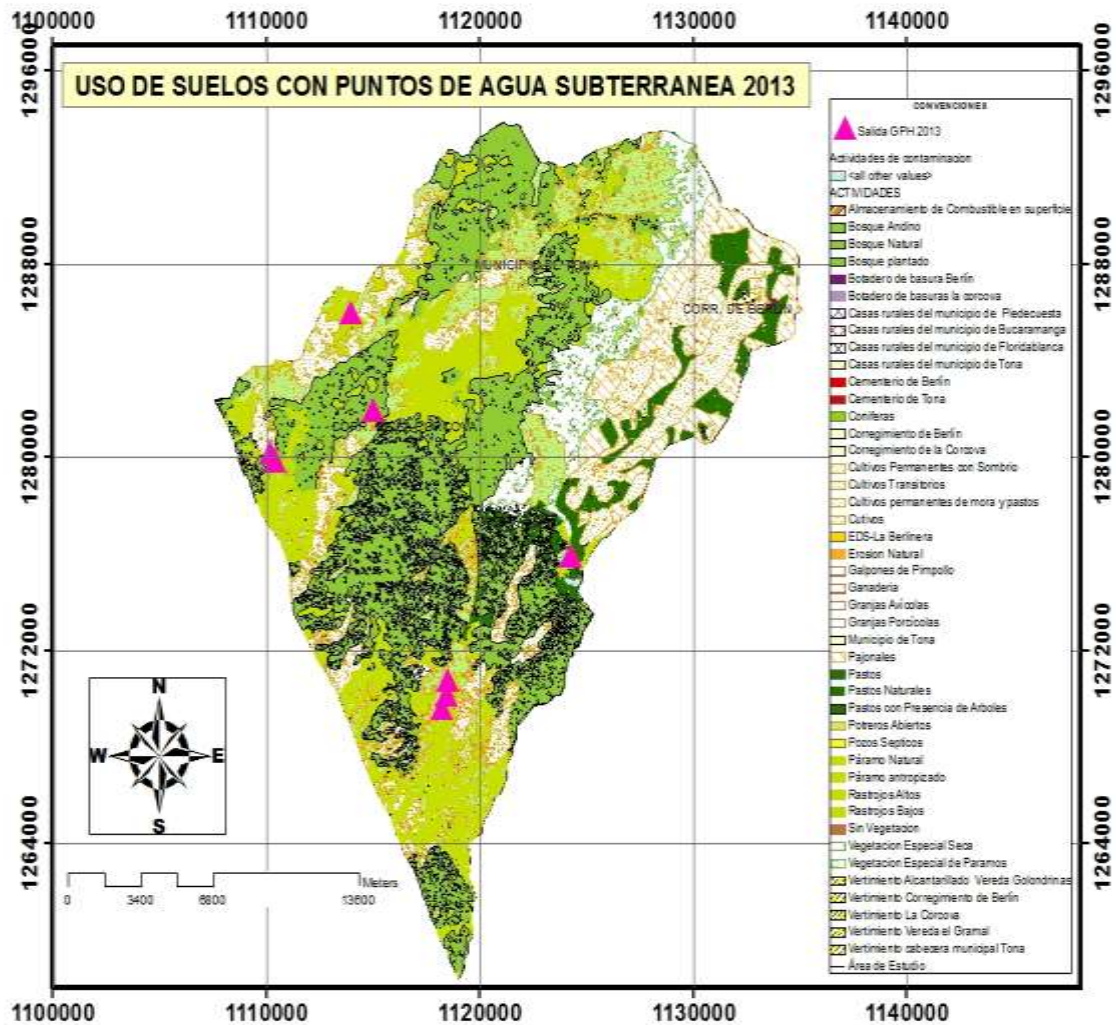
- ✓ Envases botella y tapa de seguridad, elaborado polietileno de alta densidad que permita la conservación inalterada de la muestra (capacidad 1 L).
- ✓ Lavar con agua los recipientes de muestreo, para retirar impurezas que lleguen afectar la muestra.
- ✓ Tomar dos muestras, una para realizar análisis en campo y otra para laboratorio.
- ✓ Almacenar en un lugar fresco a 4 ° C y analizar dentro de 24 horas siguientes a la toma de la muestra.

- ✓ Utilizar sonda multiparametros para las mediciones en campo (T° aire, T° agua, pH, CE) buscando condiciones óptimas con el fin de prevenir la entrada de aire y otros agentes a las muestras.

Los programas de muestreo deben cumplir con las normas técnicas NTC ISO 5667-1 y NTC ISO 5667-2.

Los muestreos del agua subterránea deben realizarse según la norma técnica NTC ISO 5667-3 y NTC ISO 5667-11.

Anexo 10. Localización de manantiales en el mapa de usos de suelos de la zona de la montaña analizados en el año 2013 por el GPH.



Fuente: Gómez S, Colegial J, Pulido M, Gutiérrez. 2011. Evaluación del Peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca superior del Rio Lebrija. Grupo en predicción y modelamiento hidroclimático. Colombia.