EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE MOSQUERA

NATALY ANDREA FONSECA CRISTANCHO 40041076
CARLOS EDUARDO VARGAS SERRATO 40041011

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
GRUPO CIROC
BOGOTÁ D.C.
2009

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE MOSQUERA

NATALY ANDREA FONSECA CRISTANCHO 40041076
CARLOS EDUARDO VARGAS SERRATO 40041011

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

Director temático
Ing. Luis Efrén Ayala Rojas

Asesora metodológica
Msg. Rosa Amparo Ruiz Saray

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
GRUPO CIROC
BOGOTÁ D.C.
2009

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Bogotá D.C., 6 de Febrero de 2009

DEDICATORIA

Quiero primero que todo, dedicar este trabajo de grado a mi mama, Ana Lucia Serrato, quien es la persona que con toda la fuerza de voluntad, la fe más grande de este mundo, y la perseverancia presente en cualquier camino que emprende, saco adelante una familia ejemplar de la cual me siento feliz y muy orgulloso de hacer parte. Claro está, que ese duro camino que mi familia y yo tuvimos que recorrer fue mucho más llevadero porque contamos con la presencia divina de mi tía Nena, a quien también dedico por completo este trabajo.

Dedico este trabajo también a mis hermanas Esmeralda y Carmen Helena, además de mis hermanos Héctor Manuel Y Miguel Antonio, a quienes quiero con todo mi corazón, y espero que Dios me permita gozar de su presencia por muchos años más.

Carlos Eduardo

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado a mi abuelito por haber sido tan maravillosa persona, siempre tan tierno y amoroso, por haber estado siempre apoyándonos, y aunque el ya no esté con nosotros toda la vida lo recordare como ese gran abuelo que fue y como un gran ejemplo para mi vida.

También dedico mi trabajo a mis papas y a mis hermanos que son la razón de mi vida, siempre me han apoyado y han estado conmigo, ellos me lo han dado todo en la vida, me han dado el amor de familia que es incomparable, y que cualquier persona desearía tener.

Nataly Fonseca

AGRADECIMIENTOS

Como equipo de trabajo queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos al Ing. Luis Ayala, quien además de ser nuestro director temático, a lo largo de nuestra carrera universitaria fue visto como una persona que siempre estuvo dispuesto a colaborar en lo que estuviese a su alcance.

Queremos también agradecer a nuestros compañeros de carrera, con quienes vivimos momentos maravillosos, y con quienes esperamos seguir en contacto por mucho tiempo.

A todos los ingenieros quienes dejaron lo mejor de sí en las aulas de clase.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para riego en muchas partes del mundo. Como por ejemplo “En América Latina y el Caribe más del 80% de las áreas rurales se abastecen de agua subterránea. También grandes zonas urbanas se suplen completamente del recurso subterráneo, como por ejemplo: Managua, La Habana, Ciudad de México, Ciudad de Guatemala. Otras por su parte, la utilizan como una fuente de abastecimiento secundaria, como: Sao Paulo, Buenos Aires, Lima, Bogotá, Santiago, Montevideo, Asunción, entre otras. En Colombia, ciudades como: Sincelejo, Santa Marta, San Andrés, Tunja y otros municipios importantes se abastecen de agua por medio de pozos profundos.”[1]

De igual forma n muchos lugares en donde las precipitaciones son escasas e irregulares pero el clima es muy apto para la agricultura, son un recurso vital y una gran fuente de riqueza.

En los últimos años la investigación hidrogeológica se ha centrado en los problemas de la calidad del agua subterránea. En la mayoría de los casos no se trata ya de encontrar agua sino de estudiar como la calidad del agua subterránea se ha visto afectada por actividades humanas, predecir la evolución del problema

[1]INDEPENDENCE DRILLING S.A**.** Agua subterránea y sus beneficios. [En línea] <http://www.independence.com.co/agua/es/agua-subterranea-aquiferos.htm> [Consultada 14 de abril de 2008]

y adoptar las medidas necesarias para que estos problemas no lleguen a producirse

Las aguas subterráneas se originan principalmente por infiltración directa o indirecta de agua de escorrentía en las capas del suelo, y como consecuencia, las actividades humanas en la superficie pueden constituirse en una amenaza para la calidad del agua en los acuíferos.

En Hidrogeología se entiende por contaminación a la alteración de la calidad natural del agua subterránea, física, química o biológica, ya sea como consecuencia directa o indirecta de la actividad del hombre o por razones naturales. Un agua contaminada puede ser impropia para los usos a los que se destinaba antes de la contaminación.

En este sentido, la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación permite conocer la susceptibilidad del acuífero a la contaminación generada por diversos factores presentes en una zona. El resultado de un estudio de este tipo permite identificar las diferentes alternativas de gestión que pueden ser utilizadas por las entidades encargadas del manejo del recurso hídrico subterráneo y de esta forma promover una cultura de preservación y uso sostenible de los recursos basados en el principio de precaución

El deficiente conocimiento, malgasto y polución del agua en Colombia es una realidad. En muchas regiones el agua subterránea es un recurso ignorado; en otras es torpemente manejado, y solamente en unos pocos valles se utiliza racionalmente. En este sentido, algunas razones de este hecho tienen que ver con la falta de voluntad política, desgreño administrativo y corrupción en las entidades estatales; así como de ignorancia, apatía y falta de compromiso de los gremios y los usuarios del recurso. A esta situación se agrega ahora la problemática del cambio climático global, el cual es un hecho científicamente comprobado. Es urgente adoptar políticas serias de largo plazo sobre el recurso agua y dentro de éstas, una específica sobre el agua subterránea que comprenda: un programa nacional de aguas subterráneas, mayor exploración hidrogeológica y una eficiente gestión del recurso hídrico.

Las aguas subterráneas son una importante fuente de abastecimiento de agua potable y prometen serlo aún más en el futuro debido al progresivo agotamiento de las aguas superficiales y el desarrollo de nuevas técnicas de exploración, perforación y aprovechamiento.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 19

1. EL PROBLEMA 22

1.1 LÍNEA 22

1.2 TITULO 23

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 23

1.3.1 Antecedentes 24

1.4 FORMULACIÓN PROBLEMA 26

1.5 JUSTIFICACIÓN 27

1.6 OBJETIVOS 29

1.6.1 Objetivo General 29

1.6.2 Objetivos Específicos 29

2 MARCO REFERENCIA 30

2.1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 30

2.1.1 Acuífero 32

2.1.1.1 Tipos de Acuíferos 33

2.1.2 Contaminación y alteración de la calidad natural del acuífero 35

2.1.3 Fuentes de contaminación 36

2.1.4 Pozos 39

2.1.5 Calidad de agua 40

2.1.5.1 Salinidad 40

2.1.5.2 Acidez y Estado Redox 41

2.1.5.3 Radiactividad 41

2.1.5.4 Contaminación de tipo agrícola 41

2.1.5.5 Contaminación de origen minero 42

2.1.5.6 Contaminación de origen urbano e industrial 42

2.1.6 Infiltración 42

2.1.7 Prevención y control 43

2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea 45

2.1.8.1 Temperatura 45

2.1.8.2 Conductividad, residuo seco y total de sólidos disueltos 46

2.1.8.3 PH 47

2.1.8.4 Alcalinidad TAC y TA 47

2.1.8.5 Dureza 47

2.1.8.6 Demanda química de oxigeno (DQO) y demanda bioquímica de oxigeno (DBO) 47

2.2 MARCO NORMATIVO 48

2.3 MARCO CONTEXTUAL 53

2.3.1 Ubicación 53

2.3.2 Descripción física 53

2.3.3 Limites 54

3. METODOLOGÍA 57

3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 57

3.2 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN 60

3.3 INSTRUMENTOS 60
3.4 VARIABLES 60
3.5 HIPÓTESIS 61
3.6 COSTO DE LA INVESTIGACIÓN 61
4 TRABAJO INGENIERIL 62
4.1 GEOLOGÍA 62
4.1.1 Estratigrafía 62
4.1.1.1 Grupo Guadalupe 63
4.1.1.2 Depósitos Cuaternarios 64
4.2 USOS DEL SUELOS 65
4.2.1 Suelo urbano 65
4.2.2 Suelo de expansión 65
4.2.3 Suelo rural 66
4.2.4 Suelo de protección 66
4.3 SECTOR INDUSTRIAL EN MOSQUERA 67
4.3.1 Vertimientos generados por las industrias 70
4.3.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales 76
4.3.3 Estaciones de servicio 83
4.4 RECURSO HÍDRICO 86
4.4.1 Rio Bogotá 87
4.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO 88
4.5.1 Sector central 88

4.5.2 Sector sur oriental 89

4.6 AGUA SUBTERRÁNEA 89

4.6.1 Mapa de Zonas de interés geológico 90

4.7 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS 95

4.7.1 Método de indexación “GOD” 96

4.7.2 Determinación de la vulnerabilidad 97

4.7.2.1 Características litológicas (O) 97

4.7.2.2 Condiciones de Acuífero (G) 98

4.7.2.3 Isoprofundidad del suelo (D) 98

4.8 AGROQUÍMICOS EMPLEADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA 100

4.8.1 Fertilizantes 100

4.8.2 Insecticidas 107

4.8.3 Herbicidas 113

4.8.4 Fungicidas 118

4.9 MATRIZ DE IMPACTO (Leopold) 123

4.9.1 Análisis 124

4.10 INVENTARIO D PUNTOS DE AGUA 127

4.11 DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS 128

4.11.1 Análisis de resultados de laboratorio 129

4.11.1.1 Características físicas 134

4.11.1.2 Características químicas 136

4.11.1.3 Características bacteriológicas 141

4.11.2 Análisis de Resultados de laboratorio para muestras tomadas en el 2003 y 2008 de un mismo pozo 142

4.12 ELABORACIÓN Y RESULTADOS DE LA ENCUESTA 143

4.12.1 Análisis Estadístico de las Encuestas Realizadas en el Sector Urbano del Municipio de Mosquera 144

4.12.2 Análisis Estadístico de la Encuesta Realizada en el Sector Rural del Municipio de Mosquera 151

5 ALCANCE Y LIMITACIONES 161

6. CONCLUSIONES 163

7. RECOMENDACIONES 168

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Antecedentes 24

Tabla 2. Normatividad 48

Tabla 3. Georeferenciacion, origen y cuerpo receptor de puntos de vertimientos de agua residual en el municipio de Mosquera 73

Tabla 4. Sistema de tratamiento de Aguas Residuales Industriales en Estaciones de Servicio 85

Tabla 5. Estimación de la Vulnerabilidad de los Acuíferos a la. Contaminación según método de Indexación de parámetros "GOD". Foster (1987) 99

Tabla 6. Información general de los puntos de monitoreo 129

Tabla 7. Resultados de laboratorio para muestras tomadas en 2008. (Pozo Acueducto No1 y Pozo Hacienda La Herrera) 130

Tabla 8. Resultados de laboratorio para muestras tomadas en el. 2003 y 2008 de un mismo pozo. (Pozo Ponqué Ramo) 131

Tabla 9. Resultados de laboratorio para muestras tomadas en el 2003 y 2008 de un mismo pozo. (Pozo Los Puentes) 132

Tabla 10. Resultados de laboratorio para muestras tomadas en el 2003 y 2008 de un mismo pozo. (Pozo Flor América) 133

Tabla 11. Resultados encuestas sector urbano 145

Tabla 12. Resultados encuestas sector Rural 151

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura1. El ciclo hidrológico 30

Figura 2. Ubicación de Mosquera 53

.

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Causas del deterioro de la calidad de un acuífero 36

Cuadro 2. Contaminantes comunes del agua subterránea y fuentes de contaminación asociada. 39

Cuadro 3. Identificación de las variables 60

Cuadro 4. Industrias en Mosquera 67

Cuadro 5. Destino de aguas Residuales Industriales de industrias en el Municipio De Mosquera 74

Cuadro 6. Industrias que tienen Pre tratamiento 78

Cuadro 7. Descripción de industrias que tienen unidades de tratamiento primario 80

Cuadro 8. Descripción de industrias que tienen unidades de tratamiento secundario 81

Cuadro 9. Efectos de las actividades agrícolas en la calidad del agua 104

LISTA DE GRAFICAS

pág.

Gráfica 1. Actividades Industriales en Mosquera 69

Gráfica 2. Origen de puntos de vertimientos sobre un cuerpo de agua municipio de Mosquera. 71

Gráfica 3. Industrias que generan vertimientos en el Municipio de Mosquera 75

Gráfica 4. Descarga de vertimientos Industriales 76

Gráfica 5. Estaciones que generan vertimientos 85

Gráfica 6. Destino de vertimientos en las estaciones de servicio. 86

Gráfica 7 Magnitud del impacto en las actividades contaminantes 124

Gráfica 8. Importancia del impacto en las actividades contaminantes 125

Gráfica 9. Magnitud componente más impactado 126

Gráfica 10. Importancia componente más impactado 127

Gráfica 11. Resultados pregunta N° 1 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 146

Gráfica 12. Resultados pregunta N° 2 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 146

Gráfica 13. Resultados pregunta N° 3 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 147

Gráfica 14. Resultados pregunta N° 5 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 147

Gráfica 15. Resultados pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 148

Gráfica 16. Resultados complemento pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 148

Gráfica 17. Resultados pregunta N° 7 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 149

Gráfica 18. Resultados pregunta N° 8 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 149

Gráfica 19. Resultados pregunta N°9 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 150

Gráfica 20. Resultados pregunta N° 10 encuesta realizada en el sector urbano del municipio 150

Gráfica 21. Resultados pregunta N° 1 encuesta realizada en el sector Rural del municipio 153

Gráfica 22. Resultados pregunta N° 2 encuesta realizada en el sector Rural del municipio 154

Gráfica 23. Resultados pregunta N° 3 encuesta realizada en el sector Rural del municipio 154

Gráfica a 24. Resultados pregunta N° 4 encuesta realizada en el sector Rural del municipio 155

Gráfica 25. Resultados pregunta N° 5 encuesta realizada en el sector Rural del municipio 155

Gráfica 26. Resultados pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 156

Gráfica 27. Resultados complemento pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 156

Gráfica a 28. Resultados pregunta N° 7 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 157

Gráfica 29. Resultados pregunta N° 8 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 157

Gráfica a 30. Resultados pregunta N° 9 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 158

Gráfica 31. Resultados pregunta N° 10 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio 158

Gráfica 32. % Fungicidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada 159

Gráfica 33. % Insecticidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada 159

Gráfica 34. % Herbicidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada 160

Gráfica 35. % Fertilizantes utilizados en el sector rural según encuesta realizada 160

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Formato de encuesta realizada en el sector urbano del Municipio de Mosquera 170

Anexo B. Formato de encuesta realizada en el sector Rural del Municipio de Mosquera 171

Anexo C. Recursos disponibles en la investigación 172

Anexo D. Mapa de Zonas De Interés Hidrogeológico 173

Anexo E. Mapa de Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación 174

Anexo F. Matriz de Impacto 175

Anexo G. Registro Fotográfico. 176

Anexo H. Reporte de Resultados de Ensayos de Laboratorio (CAR) 177

Anexo I. Resultados Ensayos de Laboratorio (Hydros de Mosquera) 178

Anexo J. Folleto 179

1. EL PROBLEMA

1.1 LÍNEA

El tema de investigación está relacionado con la línea eventos naturales y materiales para obras civiles grupo CIROC; se relaciona con el tema el cual es la contaminación del agua subterránea, debido a que muchas obras civiles se pueden ver afectadas por la sobrexplotación y contaminación de este recurso hídrico.

De igual forma, la presencia de agua subterránea afecta la firmeza y estabilidad del suelo; Cuando el agua es contaminada modifica sus propiedades fisicoquímicas cambiando así las propiedades del suelo y generando varios efectos colaterales como la reducción de la resistencia del terreno, por ello varias obras civiles se van a ver afectadas directa o indirectamente debido a que se puede generar hundimiento, subsidencia o inestabilidad en el terreno, puentes, entre otras.

1.2 TÍTULO

Evaluación de los riesgos de contaminación de los acuíferos pertenecientes al Municipio de Mosquera.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años.

La explotación incorrecta y la contaminación de las aguas subterráneas originan varios problemas y en muchas ocasiones la situación se agrava por el reconocimiento tardío de los problemas de calidad.

En este sentido, la contaminación de los acuíferos ocurre cuando la carga de contaminantes en las aguas superficiales se infiltra de manera conjunta con el agua arrastrando elementos provenientes de descargas o lixiviados de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras hacia los depósitos subterráneos.

Los perfiles naturales del subsuelo atenúan muchos contaminantes en forma activa e históricamente han sido considerados potencialmente eficaces para la disposición segura de excretas humanas y aguas residuales domesticas.

De igual forma, el movimiento del agua y transporte de contaminantes desde la superficie del suelo a los acuíferos puede ser en muchos casos un proceso muy lento. Puede tomar años o décadas antes que el impacto de un episodio de contaminación resulte evidente en un suministro de agua, especialmente en casos de pozos profundos.

La implicancia es también que una vez que la calidad del agua se ha deteriorado notoriamente, grandes volúmenes del acuífero estarán normalmente involucrados. Por lo tanto, las medidas de limpieza casi siempre tienen un alto costo económico y a menudo son problemáticas desde el punto de vista técnico.

1.3.1 Antecedentes

Tabla 1. Antecedentes

TÍTULO	AUTOR	AÑO	CONTENIDO
Balance hídrico de la cuenca del Río Chicú	Gutiérrez Vargas, Miguel Alejandro.	2005	• Balance hídrico (Hidrología)
Contaminación de acuíferos por efluentes de tanques sépticos	Galindo Martínez, José Antonio.	1992	En el trabajo se recopilan las características físico-químicas y bacteriológicas de los lixiviados provenientes de tanques sépticos.

Continuación Tabla 1. Antecedentes

TÍTULO	*AUTOR*	*AÑO*	*CONTENIDO*
Determinación de áreas de protección en el acuífero de Santa Marta	Wills Riaño, Jairo Hernán.	1993	En el trabajo se hizo un extracto de la información existente sobre el acuífero de Santa Marta y el tiempo de supervivencia de los organismos patógenos en diferentes medios
Evaluación del riesgo de contaminación de los acuíferos cuaternarios en la zona Muña-Sibaté	Vargas Quintero, María Consuelo.	1993	El agua subterránea en la zona Muña-Sibaté es explotada mediante pozos y aljibes que captan los acuíferos cuaternarios, donde la presencia de cuatro fuentes superficiales como el Embalse de Muña, el río Bogotá, los vertimientos líquidos industriales y la quebrada Chusacá, representan el principal riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, por la intensidad de la carga contaminante y la probabilidad de recarga con el tiempo.
Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la zona sur oriental y sur occidental de la Sabana de Bogotá	Ospina Pineyro.	1997	El presente estudio tuvo por objeto determinar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la zona sur occidental y sur oriental de la Sabana de Bogotá, como consecuencia de la presencia de aguas superficiales contaminadas debido a una actividad industrial extensa y diversificada de la zona.
Evaluación del estado de las investigaciones sobre contaminación de acuíferos en Colombia	Roa Romero, Zulima Consuelo.	1997	En el presente trabajo se compilan organizadamente y de manera resumida los casos reportados en Colombia, en los que se ha estudiado contaminación, vulnerabilidad, monitoreo y manejo de acuíferos.

Continuación Tabla 1. Antecedentes

TÍTULO	*AUTOR*	*AÑO*	*CONTENIDO*
Evaluación de la contaminación del recurso acuífero en la región de Soacha-Sibaté por medio de técnicas hidroquímicas y nucleares	Siachica Cuervo, Lida Rocío.	1997	En Soacha-Sibaté se presentan fuentes contaminantes superficiales tales como el río Bogotá, Tunjuelo y la represa del Muña que junto con los vertimientos industriales puede tener influencia directa sobre el acuífero cuaternario, el cual presenta el mayor riesgo a ser contaminado por ser el más superficial y es aprovechado en diferentes fines por la comunidad
Investigación sobre la posible contaminación de acuíferos en un área al sur de la sabana de Bogotá: el caso de Facatativá	Pedraza Rojas, Johana Margaret.	2005	Hidrogeología Facatativá Cun dinamarca Colombia Contaminación del agua Aguas subterráneas Acuíferos Facatativá Cundina marca
Estudio de factibilidad de la recarga artificial del acuífero de la formación arenisca labor y tierna en la Sabana de Bogotá	Murillo Rodríguez Andrés Ricardo.	2003	En este trabajo se presenta el análisis de la recarga artificial del acuífero de la Formación Arenisca Labor y Tierna en la Sabana de Bogotá. El área de estudio está localizada en el sur oriente de Bogotá D.C. alrededor del río San Cristóbal

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las causas de la contaminación del agua subterránea en el municipio de Mosquera?

1.5 JUSTIFICACIÓN

El agua subterránea es un recurso natural vital para el suministro económico y seguro de agua potable en el medio urbano y rural y juega un papel fundamental pero poco apreciado en el bienestar del ser humano.

A escala mundial los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación causada por la urbanización, el desarrollo industrial las actividades agrícolas y emprendimientos mineros. Por ello se vio una gran necesidad de llevar a cabo campañas proactivas y acciones practicas destinadas a proteger la calidad natural del agua subterránea.

A menudo determinadas actividades representan amenazas desproporcionadas a la calidad del agua subterránea. Debido a esto, la adopción de una serie de medidas de control de la contaminación claramente enfocadas y bien afinadas puede resultar en grandes beneficios.

Por lo general en el municipio de Mosquera quienes dependen de éstos recursos para el suministro de agua potable no han adoptado acción significativa alguna para asegurar la calidad natural del agua ni han realizado esfuerzos adecuados para evaluar los peligros potenciales de contaminación. Algunas situaciones que han fomentado la problemática han sido la falta de información. Bajo este hecho

se consideró importante realizar este proyecto con el fin de dar información adecuada a la comunidad y lograr que de esta forma se concientizaran y asi de esta forma, reducir la contaminación de los acuíferos de Mosquera. Es muy importante, de todas formas, tener en cuenta que las posibilidades de depuración en los acuíferos son limitadas y que el mejor método de protección es, por tanto, la prevención. No contaminar, controlar los focos de contaminación para conocer bien sus efectos y evitar que las sustancias contaminantes lleguen al acuífero son los mejores métodos para poder seguir disfrutando de ellos sin problemas

.

El aporte principal de la investigación propuesta generalmente fue el de proporcionar a la comunidad de Mosquera, en especial a los que están contaminando ya sea en las veredas o en el área urbana, información detallada y clara para que ellos conocieran sobre el tema, explicarles y darles a conocer las consecuencias que pueden traer la contaminación de las aguas subterráneas y como se pueden prevenir. Este fue un gran aporte debido a que la mayoría de la población no se interesa por el tema porque no tiene ningún conocimiento del agua subterránea y sus beneficios.

Finalmente, con esta investigación se plantearon soluciones para disminuir el riesgo de contaminación de los acuíferos de Mosquera, lo cual traerá beneficios sociales y económicos para el municipio.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

- Diseñar un folleto plegable que proponga a la comunidad buenos hábitos, como medida preventiva para el cuidado de los acuíferos perteneciente al municipio de Mosquera.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar qué actividades económicas y/ó sociales están contaminando los acuíferos.

- Determinar el inventario de yacimientos de agua en pozos profundos, artesanales y manantiales.

- Establecer cómo la población está contribuyendo con la conservación de las aguas subterráneas.

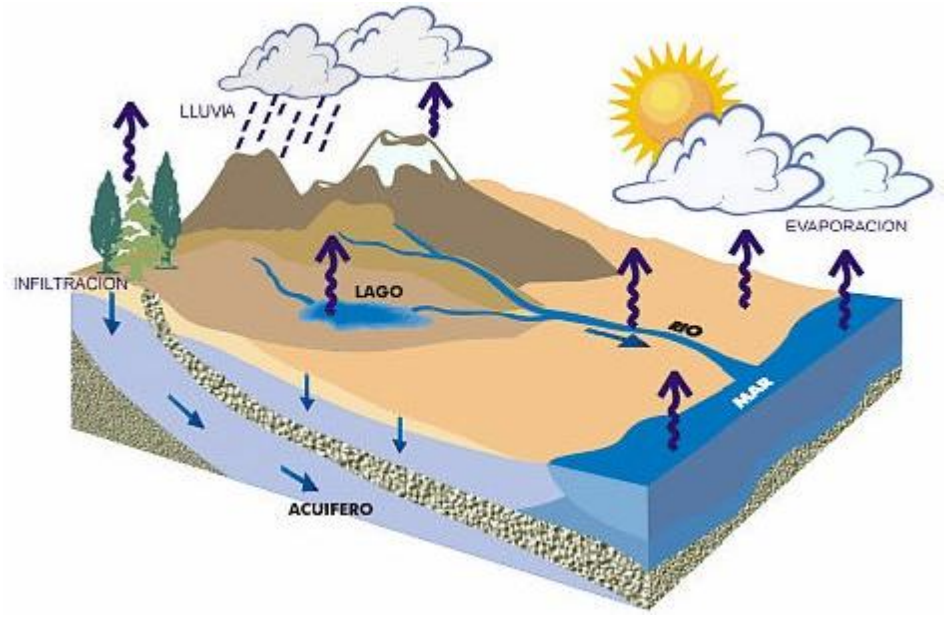
- Establecer alternativas para el control de cada una de las fuentes contaminantes de los acuíferos.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Las aguas subterráneas son parte del sistema de reciclaje más antiguo y eficiente que existe en el Planeta Tierra. El ciclo hidrológico comprende el movimiento continuo de agua entre la tierra y la atmósfera por medio de la evaporación, precipitación, escorrentía, infiltración, percolación y transpiración de las plantas.

Figura 1. El ciclo hidrológico [1]



[1]SEAPAL VALLARTA. [en línea]. Disponible en: http://www.seapal.gob.mx/imagenes/ciclohidro.gif. [consultado 15 de Agosto de 2008]

El agua que cae sobre la superficie de la tierra (en forma de lluvia o nieve) tiene uno de tres destinos. Una parte del agua se incorpora a lagos, ríos, arroyos y océanos., otra parte es absorbida por la vegetación, la cual transpira el agua hacia la atmósfera de nuevo y el agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos o es transpirada de las plantas se infiltra en el suelo , y percola hasta llegar al nivel freático.

El nivel freático se llama la zona no saturada. Aquí los poros se encuentran parcialmente llenos de agua y aire. El nivel freático se encuentra en la parte superior de la zona saturada, es decir en el área donde todos los espacios entre las rocas y la tierra están llenos de agua. Las aguas de la zona saturada son las aguas subterráneas. En áreas donde el nivel freático ocurre en la superficie de la tierra, las aguas subterráneas descargan en marismas, lagos, manantiales o arroyos y a causa de la evaporación, vuelven a la atmósfera para ser parte del ciclo hidrológico otra vez.

Las aguas subterráneas se encuentran en muchas formas geológicas y bajo muchas otras. Las áreas donde existen gran cantidad de aguas subterráneas pueden abastecer pozos o manantiales y se llaman acuíferos, una palabra que significa "portador de agua". Los acuíferos acumulan el agua entre los espacios que dejan los granos de de arena y gravas, y entre las grietas, fisuras o cavernas de las rocas. En este sentido, la reserva subterránea depende en gran medida de la porosidad del acuífero o la cantidad de espacios que hay para almacenar el

agua. Al mismo tiempo, la capacidad del acuífero de transmitir agua, o permeabilidad se basa en parte en el tamaño de estos espacios y la manera en que están interconectados.

Las aguas subterráneas pueden moverse de lado a lado y de arriba a abajo. Este movimiento se debe a la gravedad, las diferencias en elevación y las diferencias de presión. Frecuentemente estas se mueven muy despacio, aunque suelen moverse más rápidamente en zonas más permeables.

Por otra parte, las aguas subterráneas se pueden usar a través de la captación de manantiales, pozos artesanos y pozos profundos para su aprovechamientos en diferentes actividades que desarrolla el hombre como: consumo humano, agrícola, pecuario, industrial, minero y domestico.

2.1.1 Acuífero

Se denominan acuíferos a las formaciones geológicas que contienen agua subterránea. Desde un punto de vista práctico, un acuífero ha de ser capaz de almacenar y transmitir agua en cantidad susceptible de ser explotada económicamente.

Un acuífero se comporta como si fuera un embalse en donde hay que considerar: un caudal de entrada, uno de salida y una capacidad de almacenamiento. Las formaciones arcillosas, por ejemplo son capaces de almacenar una gran cantidad de agua pero no la transmiten con facilidad, por lo que no pueden ser considerados como acuíferos.

El caudal de entrada o recarga de agua está constituido, generalmente, por el agua infiltrada procedente de precipitaciones, aguas superficiales, riegos, aguas residuales, lo cual implica que si el agua de recarga está contaminada, el acuífero, que es un volumen de agua protegido, se verá afectado.

La salida o descarga de agua se produce por el afloramiento superficial en fuentes y manantiales o mediante descarga subterránea hacia los cauces de los ríos, otros acuíferos vecinos o el mar. En el caso de acuíferos explotados por el hombre esta salida se produce por bombeo o sale por si misma a través de la perforación, debido a que la presión dentro del acuífero es mayor que la atmosférica y esta se eleva hasta que la columna de agua se iguala con la presión atmosférica.

2.1.1.1 Tipos de acuíferos. Existen diferentes clasificaciones de acuíferos, dentro de las cuales esta la que toma el factor de la presión hidrostática del agua que se encuentra encerrada dentro del mismo acuífero. Esta clasificación es de gran importancia a la hora de pensar en la captación de dicha agua.

- **Acuíferos Libres:** Estos se caracterizan por que el agua que se encuentra dentro de ellos tiene una superficie libre, y se encuentra a presión atmosférica. Estos acuíferos poseen en su parte inferior una capa impermeable y las formaciones geológicas superiores son permeables, lo que los hace más vulnerables a la contaminación ya que el agua cargada con nitratos puede llegar al acuífero directamente.

- **Acuíferos Confinados:** En este tipo de acuíferos el agua contenida se encuentra sometida a una presión mayor que la atmosférica ocupando así la totalidad de los poros de la formación geológica. Además, las capas que lo rodean son impermeables, lo que evita que el agua ascienda hasta lograr una presión atmosférica, disminuyendo así la vulnerabilidad de ser contaminados.

- **Acuíferos Semiconfinados:** Estos son una variedad de los acuíferos confinados, pero se caracterizan por que alguna de sus capas, superior o inferior, se encuentran sellados por materiales que no son totalmente impermeables lo que permite una infiltración vertical que alimenta de manera lenta el acuífero principal.

- **Acuíferos Colgados:** Estos, a diferencia de los demás acuíferos, pueden tener niveles freáticos adicionales que se dan por la presencia de acuitardos que son acuíferos en los que la transición de agua se da manera muy lenta.

2.1.2 Contaminación y alteración de la calidad natural del acuífero

Por contaminación, en Hidrogeología, se entiende la alteración de la calidad natural del agua subterránea, física, química o biológica, ya sea como consecuencia directa o indirecta de la actividad del hombre o por razones naturales. Esto provoca que el agua pueda ser impropia para los usos a los que se destinaba antes de la contaminación, pero no necesariamente para otros en donde la normativa de calidad lo permita. "La contaminación de los acuíferos ocurre cuando la carga de contaminantes sobre el subsuelo generados por descargas o lixiviados de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras no es controlada adecuadamente, y en ciertos componentes excede la capacidad natural de atenuación del suelo y estratos superyacentes"[2]

Existen varias causas potenciales del deterioro de la calidad de un acuífero y estas se clasifican por su génesis (Ver cuadro No 1).

[2] FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo; GOMES, Daniel; D'ELIA, Monica; MARTA, Paris. Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial: Washington D.C. 2003.

Cuadro 1. Causas del deterioro de la calidad de un acuífero

TIPO DE PROBLEMA	CAUSA SUBYACENTE	CONTAMINANTES DE INTERÉS
CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO	Protección inadecuada de acuíferos vulnerables contra descargas y lixiviados provenientes de actividades urbanas/industriales e intensificación de cultivos agrícolas	Patógenos, nitrato o amonio, cloruro, sulfato boro, arsénico, metales pesados, carbono orgánico disuelto, hidrocarburos aromáticos y halogenados, algunos pesticidas.
CONTAMINACIÓN DE LA CABECERA DEL POZO	Construcción/diseño inadecuado del pozo que permite el ingreso directo de agua superficial o agua subterránea poco profunda contaminada	Principalmente patógenos
INTRUSIÓN SALINA	Agua subterránea salada (y a veces contaminada) inducida a fluir hacia acuíferos de agua dulce como resultado de una extracción excesiva.	Principalmente cloruro de sodio, pero puede además incluir contaminantes persistentes provenientes de la acción del hombre
CONTAMINACIÓN QUE OCURRE NATURALMENTE	Relacionado con la evolución química del agua subterránea y la solución de minerales (puede estar agravado por la contaminación antropica y/o la extracción excesiva	Principalmente hierro y flúor solubles, a veces sulfato de magnesio, arsénico, manganeso, selenio, y otras especies inorgánicas

2.1.3 Fuentes de contaminación

El sitio de origen de los contaminantes se denomina fuente, y esta puede ser potencial o activa dependiendo si está o no generando lixiviados. La presencia de elementos o sustancias contaminantes en una fuente no implica que estos estén migrando hacia el acuífero. Por su parte, una fuente inactiva, como un relleno sanitario, es potencial, ya que pueden darse las condiciones para que posteriormente si pueda generar lixiviados.

Las fuentes también se catalogan por su geometría. Estas pueden ser lineales, puntuales o difusas.

"Se definen fuentes difusas a aquellas que en una vasta zona aportan solutos en diferentes puntos de su interior"[3]. El mejor ejemplo son los terrenos agrícolas.

Algunas actividades que suelen provocar contaminación puntual son:

- Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno.
- Lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.
- Pozos sépticos y acumulaciones de purines procedentes de las granjas.

Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarnos. La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo influye de forma muy importante en determinar en qué lugares los pozos tendrán agua contaminada y en cuáles no. Puede suceder que un lugar relativamente cercano al

[3] HIDRORED. Curso de calidad de aguas subterráneas y su protección. Contaminación de acuíferos. [En línea]. Disponible en: http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/htm. [Consultada 12 de agosto de 2008]

foco contaminante tenga agua limpia porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar y al revés.

La contaminación difusa suele estar provocada por:

- Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura o en las prácticas forestales.
- Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interface entre los dos tipos de aguas.

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir cargándose de contaminación, lenta pero continuamente, zonas muy extensas.

El cuadro No 2 presenta un resumen de los tipos más comunes de actividades capaces de ocasionar contaminación del agua subterránea significativa y los componentes contaminantes encontrados con mayor frecuencia. Es importante reconocer que estos componentes generalmente difieren de los que contaminan las aguas superficiales, como consecuencia de los diferentes controles de la movilidad y persistencia de los contaminantes en los respectivos sistemas hídricos.

Cuadro 2. Contaminantes comunes del agua subterránea y fuentes de contaminación asociada.[4]

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
Actividad Agrícola	Nitratos, amonio, pesticidas, organismos fecales
Saneamiento in situ	Nitratos, hidrocarburos halogenados, microorganismos
Gasolineras y garajes	Hidrocarburos aromáticos, benceno, fenoles, hidrocarburos halogenados
Disposición de residuos sólidos	Amonio; salinidad; hidrocarburos halogenados; metales pesados
Industrias metalúrgicas	Tetracloroetileno; hidrocarburos halogenados; fenoles; metales pesados; cianuro
Pintura y esmaltes	Alcalobenceno; hidrocarburos halogenados; metales; hidrocarburos aromáticos; tetracloroetileno
Industria maderera	Pentaclorofenol; hidrocarburos aromáticos; hidrocarburos halogenados
tintorerías	Tricloroetileno; tetracloroetileno
Manufactura de pesticida	Hidrocarburos halogenados; fenoles; arsénico
Disposición de lodos residuales domésticos	Nitratos, hidrocarburos halogenados; plomo, cinc
curtidurías	Cromo; hidrocarburos halogenados; fenoles
Exploración/ extracción de gas y petróleo	Salinidad (cloruro de sodio); hidrocarburos aromáticos
Minas de carbón y de metales	Acidez; varios metales pesados; hierro; sulfato

2.1.4 Pozos

Se entiende por pozo, en lo que a este trabajo de investigación concierne, como aquella perforación que se hace en el terreno con el propósito de encontrar una fuente de agua para suplir alguna necesidad.

[4] FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo; GOMES, Daniel; D'ELIA, Monica; MARTA, Paris. Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial: Washington D.C. 2003.

2.1.5 Calidad de agua

Antes de los años 1970, se pensaba que las aguas subterráneas tenían cierto nivel de protección natural contra la contaminación. Se creía que los suelos y las capas de arena, grava y rocas en el subsuelo funcionaban como filtros atrapando contaminantes antes de que estos pudieran llegar hasta las aguas subterráneas. Ahora, se sabe que algunos contaminantes pueden atravesar todas las capas de filtración y llegar a la zona de saturación contaminando las aguas subterráneas.

La composición química se podría interpretar como la medida de su conveniencia para ser utilizada como fuente de abastecimiento para el consumo humano, animal, irrigación, industria y otros propósitos. Además de esto, influye en el equilibrio del funcionamiento de los ecosistemas, por lo que es importante para detectar variaciones y dar las alertas de algún cambio en la calidad, así como en sistemas naturales como en los resultados de de contaminación

2.1.5.1 Salinidad. El agua dulce subterránea puede estar limitada lateralmente por sus interfaces con el agua marina y por los tipos de rocas adyacentes, o verticalmente por el agua de las formaciones subyacentes. La intrusión del agua salada en los acuíferos costeros puede ser el resultado del bombeo intensivo del agua dulce subterránea, o producto de la disminución del caudal de una corriente), lo que conduce a reducir la recarga de acuíferos en los deltas y llanuras aluviales. La intensa evaporación en áreas con niveles freáticos

poco profundos también puede llevar a la salinización. Las variaciones en los niveles de salinidad pueden ocurrir debido al cambio climático natural o al bombeo excesivo y las prácticas de riego que estimulan la precipitación de sólidos disueltos, como las sales, en las tierras agrícolas.

2.1.5.2 Acidez y estado redox (de oxido reducción). El orden de magnitud del pH promedio de las lluvias se ha visto reducido debido a las emisiones industriales de SO_x y $NO_{x,}$ con lo que se ha acelerado las tasas de meteorización natural y reducido la capacidad de atenuación de los suelos y rocas, provocando con esto un incremento de la acidez de las aguas subterráneas, especialmente en áreas con deficiencia de minerales carbonatados.

2.1.5.3 Radiactividad. La radiactividad natural antecedente puede estar estrechamente relacionada con la presencia o ausencia de rocas y sedimentos que contienen uranio u otros materiales naturalmente radiactivos. Las concentraciones del gas Rn disuelto constituyen un medio para detectar la presencia de radiactividad natural en el agua subterránea

2.1.5.4 Contaminación de tipo agrícola. En los últimos años en la mayoría de los países, los niveles de nitratos en el agua subterránea han estado aumentando como resultado del drenaje del exceso de fertilizantes. Los herbicidas, pesticidas y otros agroquímicos, también pueden ser móviles en las

aguas subterráneas y servir como un índice de contaminación difusa debajo de terrenos agrícolas durante los últimos veinte a treinta años.

2.1.5.5 Contaminación de origen minero. El sulfato derivado de la oxidación de minerales sulfurosos es el mejor indicador individual de la contaminación derivada de la explotación minera de metales y carbón, de la producción de gas y petróleo y, en menor grado, de las actividades de exploración.

2.1.5.6 Contaminación de origen urbano e industrial. El impacto de los asentamientos humanos y la acumulación de residuos caracterizados por numerosos compuestos químicos se hace invariablemente evidente en la calidad local del agua subterránea. Muchos compuestos químicos ingresan al terreno pero el deterioro de la calidad del agua puede ser evaluado a través de aquellos constituyentes que son más móviles.

2.1.6 Infiltración

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Parte del agua que se infiltra es absorbida por las plantas y otra cantidad continúa infiltrándose hasta llegar a alimentar las aguas subterráneas. “Este fenómeno es influenciado por varios factores, entre los cuales están: las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad

hidráulica, la condición de la superficie del suelo, su cubierta vegetal y el contenido de humedad en el suelo"[5].

El fenómeno de infiltración es de gran importancia en la hidrología, ya que es relacionado con otros procesos muy importantes, entre los cuales están: la formación de flujo superficial y la humedad del suelo. Son muchos los sectores interesados en el estudio de la infiltración, uno de los más importantes es el sector agrícola, ya que la disponibilidad de agua en el suelo integra todo el sistema climático y determina la dinámica de producción de los cultivos. La infiltración se relaciona también con aspectos como la recuperación, conservación y manejo de suelos, planes de manejo y ordenamiento de cuencas, entre otros.

2.1.7 Prevención y control

Cada día aparecen más ejemplos de acuíferos salinizados o contaminados por nitratos agrícolas y residuos industriales, y más recientemente por plaguicidas.

En este sentido, las fuentes difusas, como la agricultura y las grandes áreas urbanas, con efectos más diferidos, son actualmente una de las causas más serias y preocupantes de la contaminación de los acuíferos. La difícil observación del suelo y la zona no saturada y la falta generalizada de datos ha creado durante

[5] PRIETO BOLÍVAR, Carlos Jaime. El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, danos, control y conservación. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones, 2004. p. 22

cierto tiempo una falsa sensación de seguridad, que hoy queda claro que no es real. Además el problema de la contaminación de las aguas subterráneas no se limita a los acuíferos, sino que a medio o largo plazo repercute también en el resto del ciclo hidrológico: ríos, manantiales, zonas húmedas y tramos de costa en los que descargan los acuíferos afectados.

La protección de la calidad del agua subterránea a nivel de acuífero se basa en especial en la prevención de aquellas acciones humanas con capacidad para producir su contaminación tanto por cambios hidrodinámicos como por la presencia en el territorio de substancias y actividades contaminantes. Esto incluye normas generales para la producción, distribución, almacenamiento, transformación y vertido de la gran diversidad de contaminantes existentes o que se puedan producir en el futuro, con reglamentos y guías para la actuación en caso de accidente.

También incluye el desarrollo de nuevas substancias y procesos menos agresivos a las aguas subterráneas. Esta normativa incluye el uso de agroquímicos, estiércoles, fangos de depuración y vertidos a la atmósfera que se puedan incorporar al agua subterránea mediante la lluvia. También incluye a aquellas acciones que alteren las características y espesor del suelo o que acerquen la superficie del terreno al nivel freático, o de perforación para cualquier fin.

Es muy importante, de todas formas, tener en cuenta que las posibilidades de depuración en el acuífero son limitadas y que el mejor método de protección es, por tanto, la prevención. No contaminar, controlar los focos de contaminación para conocer bien sus efectos y evitar que las sustancias contaminantes lleguen al acuífero son los mejores métodos para poder seguir disfrutando de ellos sin problemas.

Cuando un acuífero está contaminado, el proceso de descontaminación es difícil y costoso. Se han usado procedimientos que extraen el agua, la depuran y la vuelven a inyectar en el terreno, pero no siempre son eficaces y consumen una gran cantidad de energía y dinero.

2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea.

El agua subterránea natural, como consecuencia de su composición química y de acciones naturales extremas, presenta una seria de propiedades o características fisicoquímicas tales como: color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y dureza entre otras, las cuales varían en el espacio y el tiempo.

2.1.8.1 Temperatura. La temperatura del agua subterránea en un punto y momento determinado representa un estado de equilibrio entro los aportes y las extracciones caloríficas en ese punto. Esto quiere decir que se puede considerar que en los acuíferos existe una zona, neutra, en la cual la temperatura es

constante, por encima de la cual la influencia térmica más significativa es la de las variaciones diarias o estacionales de la temperatura ambiente. Por debajo de esta zona el factor preponderante es el gradiente geotérmico o variación de la temperatura con la profundidad.

En cualquier caso, la temperatura de las aguas subterráneas es muy poco variable, sin embargo, este es un parámetro importante en lo que se refiere a control del quimismo de las aguas, en particular cuando entre aéreas diferentes del acuífero existen notables diferencias de temperatura que pueden influir en la solubilidad de determinadas sustancias.

2.1.8.2 Conductividad, residuo seco y total de sólidos disueltos. Como consecuencia de su contenido iónico, el agua se hace conductora de la electricidad. A medida que la concentración iónica aumenta, aumenta también hasta cierto límite la conductividad o capacidad del agua para conducir corriente eléctrica.

Se denomina residuo seco (RS) a las substancias que permanecen después de la evaporación de un volumen determinado de agua, generalmente un litro, una vez eliminadas las que hubieran estado en suspensión.

El total de sólidos disueltos (TSD) mide el peso de todas las substancias disueltas en el agua, sean o no volátiles.

2.1.8.3 pH. El valor de pH define la acidez del agua, siendo para aguas neutras pH= 7, para aguas acidas pH < 7 y para aguas básicas pH > 7. El pH aumenta con el aumento de la temperatura y juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas naturales. Es fácilmente alterable por lo que su determinación debe hacerse en el momento de la toma de muestras.

2.1.8.4 Alcalinidades TAC y TA. La alcalinidad determina en el agua la capacidad que tiene esta para neutralizar ácidos. La alcalinidad TAC mide la capacidad de neutralización hasta pH=4.5 y la alcalinidad TA hasta pH=8.3.

2.1.8.5 Dureza. La dureza mide la capacidad que tiene el agua para consumir jabón o producir incrustaciones. La dureza de las aguas subterráneas naturales varía entre 10 y 300 mg/l de $CaCO_3$, pudiendo llegar a 2000 o más.

2.1.8.6 Demanda química de oxigeno (DQO) y demanda bioquímica de oxigeno (DBO). La demanda química de oxigeno mide la capacidad del agua para consumir oxidantes en procesos químicos. En aguas naturales el valor usual de DQO varía desde 1 a 15 mg/l. La demanda bioquímica de oxigeno es la cantidad de oxigeno precisa para eliminar, por procesos biológicos aerobios, la materia orgánica contenida en el agua. Suele referirse a un periodo de 5 días. En aguas subterráneas por lo general la DBO suele ser inferior a 1 mg/l.

2.2 MARCO NORMATIVO

Tabla 2. Normatividad

NORMA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
DECRETO 2811 DE 1974	**CAPITULO II. DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN** ARTÍCULO 134.	Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para dichos fines deberá: d). Fijar requisitos para los sistemas de eliminación de excretas y aguas servidas; e). Determinar, previo análisis físico, químico y biológico, los casos en que debe prohibirse, condiciones o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos y desperdicios en una fuente receptora. f). Controlar la calidad de agua, mediante análisis periódicos, para que se mantenga apta para los fines a que está destinada, de acuerdo con su clasificación; h). Someter a control las aguas que se conviertan en focos de contaminación y determinar las actividades que quedan prohibidas, con especificación de área y de tiempo, así como de las medidas para la recuperación de la fuente; Para comprobar la existencia y efectividad de los sistemas empleados, se someterán a control periódico las industrias o actividades que, por su naturaleza, puedan contaminar las aguas. Los propietarios no podrán oponerse a tal control y deberán suministrar a los funcionarios todos los datos necesarios.
DECRETO 2811 DE 1974	ARTÍCULO 135.	Para comprobar la existencia y efectividad de los sistemas empleados, se someterán a control periódico las industrias o actividades que, por su naturaleza, puedan contaminar las aguas. Los propietarios no podrán oponerse a tal control y deberán suministrar a los funcionarios todos los datos necesarios.
DECRETO 2811 DE 1974	ARTÍCULO 137	Serán objeto de protección y control especial: a). Las aguas destinadas al consumo doméstico humano y animal y a la producción de alimentos; b). Los criaderos y hábitats de peces crustáceos y demás especies que requieran manejo especial;

Continuación Tabla 2. Normatividad

NORMA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		c). las fuentes, cascadas, lagos y otros depósitos o corrientes de aguas, naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección. En los casos previstos en este artículo se prohibirá o condicionará, según estudios técnicos, la descarga de aguas negras o desechos sólidos, líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas.
DECRETO 2811 DE 1974	**TÍTULO VII. DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS ARTICULO 149.**	Para los efectos de este título, se entiende por aguas subterráneas las subálveas y las ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural, como las fuentes y manantiales captados en el sitio de afloramiento o las que requieren para su alumbramiento obras como pozos, galerías filtrantes u otras similares.
DECRETO 2811 DE 1974	**ARTÍCULO 150.**	Se organizará la protección y aprovechamiento de aguas subterráneas.
DECRETO 2811 DE 1974	**ARTÍCULO 152.**	Cuando se compruebe que las aguas del subsuelo de una cuenca o de una zona se encuentran en peligro de agotamiento o de contaminación o en merma progresiva y sustancial en cantidad o calidad, se suspenderá definitiva o temporalmente, el otorgamiento de nuevas concesiones en la cuenca o zona; se podrá decretar la caducidad de las ya otorgadas o limitarse el uso, o ejecutarse, por cuenta de los usuarios, obras y trabajos necesarios siempre que medie el consentimiento de dichos usuarios, y si esto no fuere posible, mediante la ejecución de la obra por el sistema de valorización.
RESOLUCIÓN NO. 250 DE 1997	**ARTÍCULO CUARTO**	Los usuarios de aguas subterráneas deberán enviar anualmente al D.A.M.A, información sobre el estado de los niveles estáticos y dinámicos en el sitio de extracción así como las características físico-químicos del agua.

Continuación Tabla 2. Normatividad

NORMA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
DECRETO 155 DE 2004	**ARTÍCULO 2 Definiciones. Para los efectos del presente decreto se adoptan las siguientes definiciones**:	Acuífero: Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua en cantidades significativas. Reserva de un acuífero: Es la cantidad de agua subterránea almacenada en el acuífero. Caudal disponible de un acuífero: Corresponden al caudal que se podría extraer continuamente de un acuífero, sin que se reduzcan sus reservas. Caudal explotable de un acuífero: Corresponden al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.
LEY 9 DE 1979	**TITULO II. SUMINISTRO DE AGUA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. ARTÍCULO 58.**	Para evitar la contaminación del agua subterránea por: aguas de mar salobres, aguas residuales o contaminadas, extracción excesiva de agua que reduzca el efecto purificador al atravesar los estratos permeables u y otras causas, se deberán tomas las medidas higiénicas y de vigilancia necesarias para el correcto aprovechamiento de los pozos para agua potable
LEY 9 DE 1979	**ARTÍCULO 59.**	Las entidades encargadas de la entrega de agua potable al usuario deberán ejercer control sanitario en la superficie situada sobre el estrato acuífero y sobre las área de recarga para evitar su contaminación.
LEY 9 DE 1979	**ARTÍCULO 60.**	Todos los pozos deberán sellarse para impedir la infiltración de aguas superficiales y la procedente de formaciones superiores al acuífero que pueda ser de calidad indeseable.

Continuación Tabla 2. Normatividad

NORMA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
DECRETO 1594 DE 1984	**CAPITULO VI DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS ARTÍCULO 61**	Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.
DECRETO 1594 DE 1984	**ARTÍCULO 63**	Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impida los usos actuales o potenciales.
DEC 1541 DE 1978	**CAPÍTULO II AGUAS SUBTERRÁNEAS Sección 1 Exploración. ARTÍCULO 146**	La prospección y exploración que incluye perforaciones de prueba en busca de aguas subterráneas con miras a su posterior aprovechamiento, tanto en terrenos de propiedad privada como el baldíos, requiere permiso del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena,
DEC 1541 DE 1978	**Sección 2 Aprovechamientos ARTÍCULO 155**	Los aprovechamientos de aguas subterráneas, tanto en predios propios como ajeno, requieren concesión del Inderena, con excepción de los que utilicen para usos domésticos en propiedad del beneficiario o en predios que éste tenga posesión o tenencia.
	Sección 2 Preservación y control ARTÍCULO 176	Con el fin de prevenir la contaminación o deterioro de aguas subterráneas a causa de actividades que no tengan por objeto el aprovechamiento de aguas, tales como explotación de minas y canteras, trabajos de avenamiento, alumbramiento de gases o hidrocarburos, establecimiento de cementerios, depósitos de basuras o de materiales contaminantes el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del

Continuación Tabla 2. Normatividad

NORMA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ambiente, Inderena, desarrollará mecanismos de coordinación con las entidades competentes para otorgar concesiones, licencias o permisos relacionados con cada tipo de actividad, de tal suerte que en la respectiva providencia se prevean las obligaciones relacionadas con la preservación del recurso hídrico.
	ARTÍCULO 177	El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, coordinará igualmente con las entidades a que se refiere el artículo anterior, medidas tales como la realización de los estudios necesarios para identificar las fuentes de contaminación y el grado de deterioro o la restricción, condicionamiento o prohibición de actividades, con el fin de preservar o restaurar la calidad del recurso hídrico subterráneo.

2.3 MARCO CONTEXTUAL

2.3.1 Ubicación

Figura 2. Ubicación de Mosquera[6]

2.3.2 Descripción Física:

Mosquera se localiza en la Provincia de la Sabana Occidente, en el Departamento de Cundinamarca, tiene aproximadamente 30.000 habitantes, aunque en los últimos años ha llegado a los 45.000. Está a una altitud de 2516 Mts, con un clima entre 12 y 14ºC. Fundado el 27 de Septiembre de 1861. hace parte de la Subregión Provincia Sabana de Occidente siendo el cuarto más densamente poblado con un porcentaje de ocupación del 9.4% de la población provincial. Se

[6]- MOSQUERA. Planeación y ejecución. Plan de Desarrollo municipal [En línea]. Disponible en: < http://mosquera-cundinamarca.gov.co/planeacion.shtml?apc=p-l1--&x=1442035 > [Consultada 15 de agosto 2008].

encuentra rodeado por los Municipios de Soacha, Funza, Madrid, Bojacá, y Bogotá D.C., Capital del área Metropolitana, con quien mantiene por su cercanía, estrechos vínculos comerciales y financieros.

2.3.3 Límites

Mosquera limita con los municipios de Madrid y Funza por el norte, con el Municipio de Soacha por el sur, con el municipio de Bojacá por el occidente, y con el Distrito Capital de Bogotá por el oriente.

"El municipio de Mosquera está conformado por centros urbanos satélites, localizados a nivel general a lo largo de la vía Fontibon - Facatativá, conformado por un sector histórico de conservación del municipio y barrios localizados en las márgenes de las vías que conducen al municipio de Funza. Esta zona la componen 24 barrios, algunos en proceso de consolidación y con gran influencia de conurbación con el municipio de Funza"[7].

Sobre el eje de la troncal de occidente se encuentra la zona urbana del Diamante, conformada por 4 barrios donde predominan áreas de 100 a 300 m^2 con vocación industrial y de vivienda de un estrato 3. Existe otra zona urbana localizada al

[7] MOSQUERA. Ubicación de Mosquera en el mapa de Colombia. [En línea]. *Disponible en:* <http://mosquera-cundinamarca.gov.co/sitio.shtml?apc=m-f1--&m=m#El%20municipio%20en%20el%2. >. [Consultada 15 de abril 2008].

margen occidental del río Bogotá, conformada por barrios definidos como asentamientos subnormales donde predominan áreas de suelos inferiores a los 72 m^2.

Parte de estas zonas urbanas existe un centro poblado llamado sector de Los Puentes y un barrio rural llamado sector Charquito, área conformada por 6 veredas a los que pertenecen algunos de los barrios ya mencionados.

La zona urbana se encuentra conformada por el sector histórico y de conservación del Municipio, y los barrios localizados a las márgenes de las vías que conducen al Municipio de Funza.

El clima en el Municipio de Mosquera se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 12.8º C, con valores que no varían más de 2º C en la noche, mientras que en el día la variación es drástica y puede llegar hasta los 18ºC.

El municipio de Mosquera se encuentra en la Cuenca Mayor del Río Bogotá, en la cuenca del Río Bojacá, Subachoque y Balsillas zona baja, presenta algunos ríos importantes como Balsillas, cuenta con la laguna de La Herrera. Adicionalmente el municipio cuenta con 52 pozos, 45 aljibes y 2 manantiales.

La Laguna de la Herrera se encuentra al sur oriente de la cuenca hidrográfica del río Bojacá, esta última localizada en el costado sur occidental de la Sabana de Bogotá. La laguna tiene un área de 280 Hás.

Extensión total: 107 km2

Extensión área urbana: 7.67 Km2

Extensión área rural: 99.33 Km2

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2516 Mts

Temperatura media: entre 12 y 14ºCº C

Distancia de referencia: a 10 Km de Bogotá D.C.

3. METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada se clasificó como una estrategia de Metodología alternativa de investigación-Acción, El término "investigación acción" describía una forma de investigación que podía ligar el enfoque experimental de la ciencia social con programas de acción social que respondiera a los problemas sociales principales de entonces. Mediante la investigación – acción, Lewis argumentaba que se podía lograr en forma simultáneas avances teóricos y cambios sociales."[1]

El proceso de investigación – acción constituye un proceso continuo, una espiral, donde se van dando los momentos de problematización, diagnóstico, diseño de una propuesta de cambio, aplicación de la propuesta y evaluación, para luego reiniciar un nuevo circuito partiendo de una nueva problematización.

La metodología investigación - acción se aplico a la investigación ya que en esta, lo primero que se hizo fue investigar el problema e identificar las fuentes contaminantes para poder estudiarlas, y se actuó buscando sustituir estas fuentes y proponiendo estos cambios de hábitos a la comunidad del municipio para reducir la contaminación del acuífero.

[1] KURT LEWIS. Investigación- Acción. [En línea]. http://www.monografias.com/trabajos15/investigacion-accion/investigacion-accion.shtml. [Consultada 8 de abril 2008].

A continuación se describen las fases desarrolladas en la investigación:

FASE I: Diseño de investigación bibliográfica.

En esta fase se desarrollaron todos los aspectos relacionados con la obtención y análisis de la información pertinente al tema de la investigación

- Leer, investigar y estar totalmente informada sobre todo lo que tenga que ver con los acuíferos y su contaminación.
- Búsqueda y análisis de estudios realizados por otras entidades, referente a acuíferos en la sabana de Bogotá.
- Consulta de normatividad existente para el uso del agua subterránea
- Consultar información sobre el Estudio Hidrogeológico cuantitativo de la sabana de Bogotá
- Revisar información sobre el acuífero existente en Mosquera en la CAR, INGEOMINAS Y SECRETARIA DE AMBIENTE.

FASE II: Diseño de investigación de campo

- Visita para reconocimiento físico del municipio en general, conocer sus terrenos, su gente y sus costumbres.
- Recopilar información necesaria en la administración del municipio en oficinas tales como planeación, obras públicas, Umata entre otras.

- Analizar la geología e hidrogeología para conocer las características del área y evaluar cada uno de los aspectos relacionados con esta
- Identificar el lugar en donde se encuentran los pozos del municipio
- Visitar el área rural y urbano del municipio para poder así identificar los factores que posiblemente podrían contaminar el acuífero
- Investigación de las actividades generadoras de contaminantes
- Realizar un inventario de cargas contaminantes

FASE III: Análisis de los datos obtenidos y resultados

- Análisis de información recopilada referente al acuífero.
- Estudio de los resultados obtenidos con la información recolectada y el trabajo de campo, para establecer propuestas de prevención con el fin de disminuir el riesgo de contaminación.
- Priorizar las medidas de control de la contaminación del agua subterránea en las áreas donde ya exista una gama de actividades potencialmente contaminantes
- Estudio de las actividades contaminantes y tratar de buscar una forma de sustituirlas, buscando ayuda en profesionales tales como médicos veterinarios, agrónomos entre otros.
- Diseñar y plantear soluciones para reducir o eliminar la carga contaminante mediante la introducción de tecnologías mejoradas.

3.2 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tuvo como objeto de estudio encontrar que tipo de actividades estaban contaminando los acuíferos del municipio, y proponer algunos cambios de hábitos y costumbres para prevenir la contaminación de los acuíferos, por medio de un plegable que le suministramos a los habitantes, del área rural y urbano del municipio.

3.3 INSTRUMENTOS

El formato que se elaboró y utilizó para la encuesta se muestra en los Anexos del presente trabajo (Ver Anexo A)

3.4 VARIABLES

Cuadro 3. Identificación de las variables

CATEGORÍA DE ANÁLISIS	VARIABLES	INDICADORES
Acuíferos de Mosquera	Factores impactantes procesos	Agricultura Parte industrial
Acuíferos de Mosquera.	Grado de contaminación de las aguas.	Muestreos Pruebas de laboratorios.
Impacto ambiental	Alteraciones ambientales	Matriz de impacto

3.5 HIPÓTESIS

Los acuíferos del municipio de Mosquera están siendo contaminados especialmente por las actividades agrícolas y industriales del municipio debido al uso constante de agroquímicos: fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas, los cuales generan contaminación en las aguas subterráneas, y causan un gran impacto ambiental en el agua subterránea del municipio, y desaprovechando este recurso hídrico tan valioso.

3.6 COSTO DE LA INVESTIGACIÓN

Los costos de la presente investigación fueron de **4’591.910,** la relación de todos los recursos utilizados se indica en el Anexo C.

4. TRABAJO INGENIERIL

El Departamento de Cundinamarca cuenta con 15 provincias en las cuales se agrupan los 116 municipios que lo conforman. El Municipio de Mosquera, que se encuentra aproximadamente a 23 kilómetros de Bogotá D.C., pertenece a la provincia de Sabana Occidente.

4.1 GEOLOGÍA

La aplicación que tiene la geología en el tema de las aguas subterráneas consiste básicamente en la diferenciación y delimitación de las unidades litológicas permeables de las que son poco permeables. Además, esta ciencia permite tener una noción de la geometría de los acuíferos.

4.1.1 Estratigrafía

Según el documento “Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua” realizado en 1996 por INGEOMINAS, el Municipio de Mosquera se encuentra en un área en donde afloran rocas sedimentarias las cuales tienen edades que oscilan entre el Cretáceo Superior y el Cuaternario, que corresponden a su vez al Grupo Guadalupe que lo conforman la Formación Arenisca Dura (Ksgd), Plaeners (Ksgp), y Labor y Tierna (Ksglt), y a los Depósitos de Terraza Alta respectivamente.

4.1.1.1 Grupo Guadalupe (Ksg). Este grupo, que es predominantemente arenoso, fue dividido por Renzoni G (1968), y las formaciones que se agrupan en él se describen a continuación.

- **Formación Arenisca Dura (Ksgd).** Esta formación se hace visible al sur-este del municipio en el sector de la Vereda Fute y muy cerca al sector de la Vereda Canoas, haciendo que en estos sectores se hagan visibles terrenos escarpados como el Cerro Gordo. Con base en los perfiles geológicos se calcula que el espesor de esta formación es de 450 metros.

- **Formación Plaeners (Ksgp).** Esta formación también aflora al sur-este del municipio en el sector de la Vereda Los Puentes y Balsillas en dirección norte-sur lo que ocasiona la formación de cerros como El Palomar localizado en la Vereda de Fute y el Cerro de Mondoñedo localizado al occidente de la Vereda Los Puentes. Según INGEOMINAS-CAR (1992), el espesor de esta formación es de aproximadamente 140 metros.

- **Formación Labor y Tierna (Ksglt).** Como las dos anteriores, esta formación también aflora al sur-este del municipio cerca al área de la Vereda los Puentes, y "forma parte del flanco oeste del Sinclinal de Cerro Gordo y de algunos sinclinales

- locales".[10] Según CAR-INGEOMINAS (1992), esta formación tiene un espesor máximo de 180 metros.

4.1.1.2 Depósitos Cuaternarios. En el aérea que comprende el municipio de Mosquera se identificaron tres tipos de depósitos cuaternarios, Deposito de Terraza Alta (Qta), Depósitos Coluviales (Qc) y Depósitos Aluviales (Qal) que son los que prácticamente conforman el relleno la Sabana de Bogotá.

- **Depósitos de Terraza Alta (Qta).** Son los que prácticamente conforman el relleno de la Sabana de Bogotá y se componen principalmente de gravas, arenas y arcillas.

- **Depósitos Coluviales (Qc).** Estos depósitos pertenecen a las laderas y son el resultado de la fracturación y el arrastre sufrido por los materiales que pertenecen a las unidades litológicas que se presentan en la zona. Dichos depósitos lo conforman gravas, guijarros y bloques con predominio de matriz arcillosa. Una característica de estos depósitos es que se originan en zonas fracturadas, que poseen una pendiente pronunciada que a su vez facilita el movimiento por la acción de la gravedad.

- **Depósitos Aluviales (Qal).** Estos depósitos se originaron gracias a

[10]INGEOMINAS Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua: Evaluación Hidrogeológica. Pre factibilidad. Municipio de Mosquera. 1996. p. 15-20

corrientes fluviales, y se componen principalmente de arenas limos y gravas. Según Alarcón G[11], "localmente se presentan cantos de areniscas incluidos en una matriz areno-limosa y sedimentos limo-arenosos con esporádicos lentejones de cantos de areniscas.

4.2 USOS DEL SUELO

Acorde con lo establecido en la ley 388 de 1997, el suelo en el Municipio de Mosquera se divide en: suelo urbano, suelo de expansión urbana, suelo rural, suelo suburbano y suelo de protección.

4.2.1 Suelo Urbano. En concordancia con lo estipulado en el acuerdo 020 del 2006, el municipio continuara determinado por dos cascos urbanos, el Casco Central que incluye la cabecera municipal y el sector de Siete Trojes, y el Casco Oriental que lo componen los sectores de Puente Grande, Planadas, Sabana hasta el Diamante.

4.2.2 Suelo de Expansión. Se establece únicamente un sector como de expansión que se conoce como Siete Trojes, y que presenta los siguientes usos:

- Uso industrial, complementarios, comercial y de servicios, que está

[11]ALARCÓN, Adolfo. El agua en la cuenca alta del rio Bogotá. En: Metropolización, Planeación y Ordenamiento Territorial. [en línea]. (1998). [Consultado 12 de Diciembre de 2008]. Disponible en <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/agua_cuenca.pdf>

comprendido por los terrenos que se encuentran entre la calle 3 y el Municipio de Funza y entre la carrera 10 y la carrera 24.

- Uso de vivienda, que comprende el centro poblado que contiene los predios localizados en la vía que divide el Municipio de Mosquera con el Municipio de Madrid.

4.2.3 Suelo Rural. Dentro de los suelos clasificados como rurales se encuentran las veredas Siete Trojes que además posee un uso industrial, centro poblado y agrícola donde solo se cultivan flores. Además se encuentran las veredas San Francisco que tiene uso agroindustrial, la vereda San José, la vereda San Jorge que cambio su uso para ser zona industrial rural y suburbana, la vereda Serrezuelita que tiene uso industrial y de vivienda, y finalmente la vereda Balsillas.

4.2.4 Suelo de Protección. De acuerdo con el artículo 35 de la ley 388 de 1997 se establece que: El suelo de protección está constituido por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse. Como suelos de protección se encuentran la Ciénaga de Guali, la Laguna de la Herrera, el complejo hidrológico Rio Bojaca, Balsillas y Subachoque y el rio Bogotá así como sus rondas de 50 metros.

4.3 SECTOR INDUSTRIAL EN MOSQUERA

Las industrias en el municipio traen mayor progreso y desarrollo, pero a su vez implican un aumento de residuos que si no se manejan correctamente causan un gran impacto al ambiente: suelo, aire y agua; deteriorando su calidad Y convirtiéndolos así en elementos nocivos para quienes los necesitan diariamente.

En Mosquera encontramos industrias con diferentes actividades. A continuación se hace una breve descripción de las actividades que desarrollan las Industrias más importantes de este Municipio.

Cuadro 4. Industrias en Mosquera

RAZÓN SOCIAL	ACTIVIDAD
Matadero los cristales	Producción, transformación y conservación de carne y derivados cárnicos
Aceites El Dorado S.A	Elaboración de aceites y grasas de origen animal y vegetal
Solla S.A	Elaboración de productos preparados para animales
Finca S.A	
Conagro LTDA	
Nestlé Purina Pet Care de Col. S.A	
Mejía Y Cia S. en C	

Continuación Cuadro 4. Industrias en Mosquera

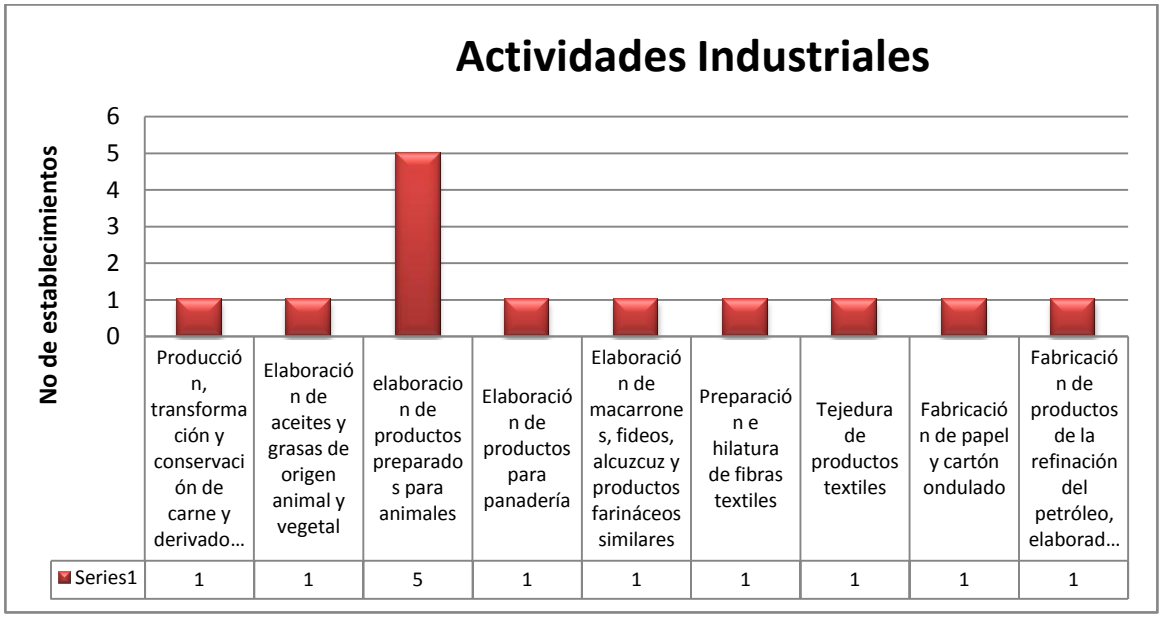
RAZÓN SOCIAL	ACTIVIDAD
Productos Ramo S.A	Elaboración de productos para panadería
Productos Alimenticios Doria S.A	Elaboración de macarrones, fideos, alcuzcuz y productos farináceos similares
Hilos Mosquera S.A	Preparación e hilatura de fibras textiles
Textrama Ltda.	Tejedura de productos textiles
Cartones de América S.A	Fabricación de papel y cartón ondulado
Shell de Colombia S.A	Fabricación de productos de la refinación del petróleo, elaborados en refinería
Brenntag de Colombia S.A	Fabricación de abonos y compuestos orgánicos
Indulatex Ltda.	Fabricación de otros productos químicos
Pin Ltda.	
Pegatex –Molytec Ltda	
Pegantes Urano Ltda.	
Manufacturas Silíceas S.A	
Quimicul	
Compañía Colombiana Fosforera S.A	
Texquiplas	Fabricación de artículos de plastico
Colempaques	
Tapon Corona S.A	

Continuación Cuadro 4. Industrias en Mosquera

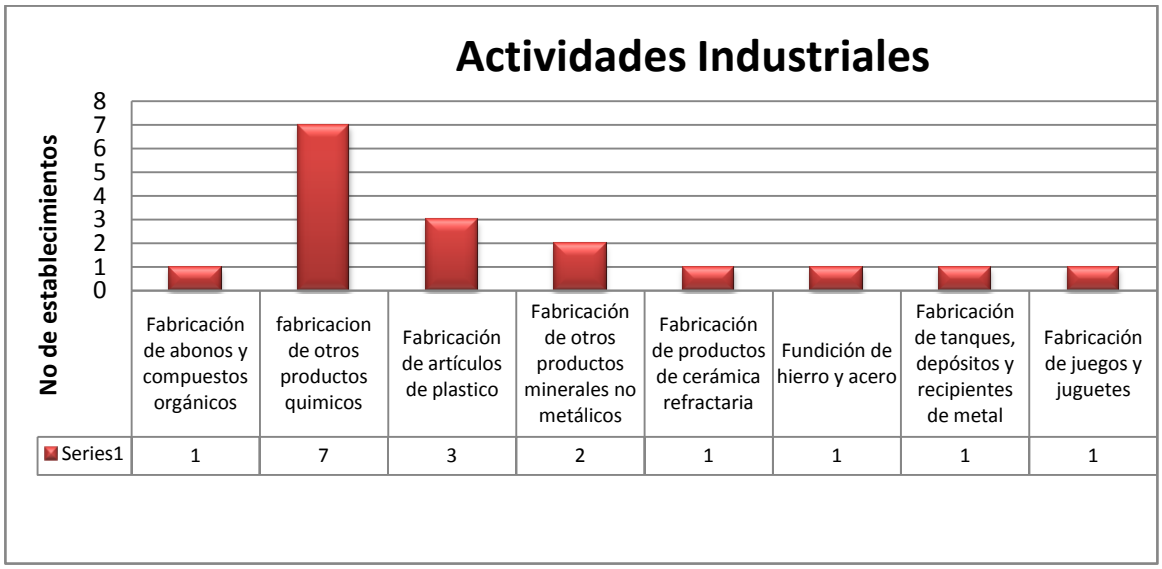
RAZÓN SOCIAL	ACTIVIDAD
Productora de Abrasivos Ltda.	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
Fiberglass S.A	
Filpa S.A	Fabricación de productos de cerámica refractaria
Fundikom S.A	Fundición de hierro y acero
Indutanpas Ltda.	Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal
Triotoy Pelkowsky Ltda. y Cia S en C.	Fabricación de juegos y juguetes

De acuerdo al cuadro anterior encontramos en el Municipio de Mosquera 30 industrias, y 18 actividades económicas.

Grafica1. Actividades Industriales en Mosquera



Continuación Grafica1. Actividades Industriales en Mosquera



En la gráfica podemos apreciar que las actividades que predominan en el municipio son la fabricación de productos químicos, la cual cuenta con 7 industrias, y en segundo lugar está la elaboración de productos preparados para animales de la cual hacen parte 5 establecimientos.

4.3.1 Vertimientos generados por las industrias. En Mosquera se encontraron 13 puntos de vertimiento de agua residual de los cuales 11 vierten hacia un cuerpo de agua: rio Subachoque, rio Balsillas, rio Bogotá y el Canal San José; y 2 vierten hacia el suelo correspondiente a efluentes industriales que han sido previamente tratados antes de la descarga (industria Textrama Ltda. Y Productos Abrasivos Ltda.) [12]

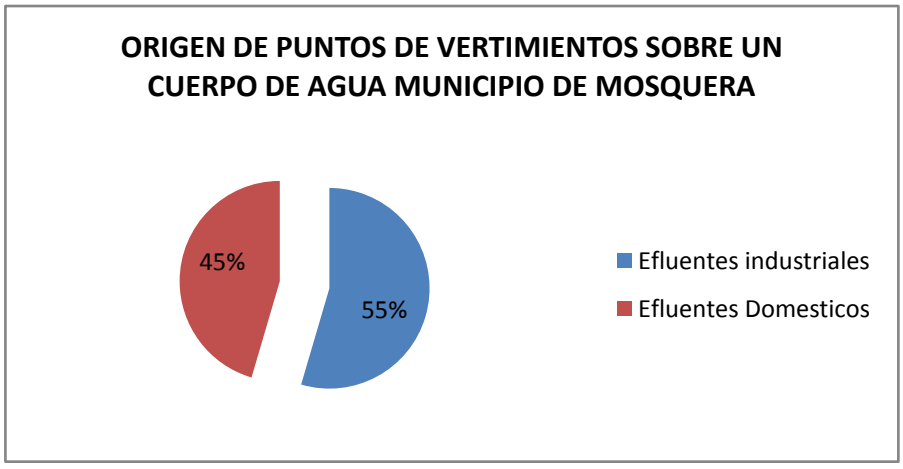
[12] MARTÍNEZ AYALA, Diana Carolina, PEÑUELA QUINTERO, Francy Patricia. Diagnostico de vertimientos y

De los 11 puntos que vierten hacia un cuerpo de agua:

- 6 puntos corresponden a efluentes industriales previamente tratados los cuales son: Matadero los Cristales, Nestlé Purina Pet Care, Ramo S.A, Solla S.A, Finca S.A, y la estación de servicio ESSO

- Los otros 5 puntos corresponden a vertimientos domésticos. Estos vertimientos van a ser captados por el sistema de alcantarillado, el 68.3 % de la población posee sistema de alcantarillado y las aguas residuales son conducidas hasta la Planta de tratamiento de Aguas Residuales construida por la CAR. El problema se genera con la población que aún no cuenta con un sistema de alcantarillado ya que vierten sus aguas residuales a un cuerpo de agua sin previo tratamiento descargando directamente sustancias contaminantes como aceites, grasas, detergentes, materia orgánica etc.

Gráfica 2. Origen de puntos de vertimientos sobre un cuerpo de agua municipio de Mosquera.



propuestas de alternativas de mejoramiento a los sistemas de tratamiento de Agua Residual Industrial en los municipios de Facatativa y Mosquera- jurisdicción de la CAR-Sabana de Occidente. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental, 2005. p52.

Tabla 3. Georeferenciacion, origen y cuerpo receptor de puntos de vertimientos de agua residual en el municipio de Mosquera[13]

No	*Georeferenciación*			*Origen*	*Cuerpo Receptor*
	Norte (m)	*Este (m)*	*Altura (msnm)*		
	1.009.890	980.46	2583		Rio Subachoque
1	1.009.801	980.162	2581	Efluente PTARD*. CAR	Canal San José
2	1.009.490	989.28	2575	Barrios planada, sabana, porvenir I y II	Rio Bogotá
3	1.010.682	987.426	2565	Barrio el lucero	Alcantarillado
4	1.010.416	986.749	2567	Barrios el diamante oriental y el diamante occidental	Alcantarillado
5	1.008.659	989.929	2540.5	Efluente PTARI** - matadero los cristales	Canal san josa
6	1.011.819	983.674	2591	Efluente PTARI- Ind. Nestlé Purina Pet Care	Canal san José
7	1.011.335	984.356	2582	Efluente PTARD – Ind. Doria S.A	Canal san José
8	1.013.583	981.555	2575	Efluente Zanjon de oxidación natural- Ind Ramo S.A	Rio Balsillas
9	1.011.140	985.45	2573	Efluente PTARI.- Ind. Solla S.A	Alcantarillado
10	1.011.338	987.966	2567	Efluente PTARI.- Ind. Finca S.A	Alcantarillado
11	1.011.267	987.055	2563	Vertimiento estación de servicio ESSO	Alcantarillado
12	1.011.891	984.141	2589	Efluente PTARI-Ind. Textrama Ltda.	Suelo (riego)
13	1.013.342	981.765	2572	Efluente PTARI- Ind productos Abrasivos Ltda.	Suelo

*Planta de Tratamiento de Agua Residual Domestica

**Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial

[13] Ibíd., p 51.

- **Industrias que generan aguas residuales industriales en el municipio de Mosquera.**

En Mosquera se estudiaron 30 industrias de las cuales se encontró que 12 industrias no generan Agua Residual Industrial, 14 industrias generan vertimientos hacia un cuerpo de agua, suelo o sistema alcantarillado y 4 industrias generan agua residual industrial pero no vierten hacia un cuerpo de agua, suelo o sistema de alcantarillado[14].

Para nuestro estudio fue importante identificar qué industrias generan vertimientos hacia un cuerpo de agua, con el fin de determinar el impacto que generan en el recurso hídrico.

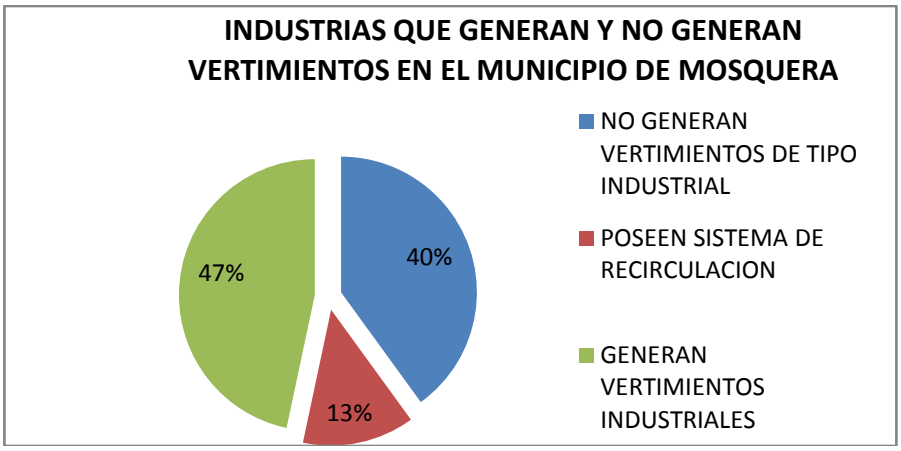
En el cuadro No 5, se clasifican las industrias que generan residuos industriales y el destino de esta agua, también se especifica que industrias no generan aguas residuales industriales.

[14] Ibíd., p. 64.

Cuadro 5. Destino de aguas residuales industriales por industria en el municipio de Mosquera

INDUSTRIAS QUE NO GENERAN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	INDUSTRIAS QUE GENERAN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PERO NO VIERTEN HACIA UN CUERPO DE AGUA, ALCANTARILLADO O SUELO	INDUSTRIAS QUE GENERAN VERTIMIENTOS HACIA UN CUERPO DE AGUA, SUELO O ALCANTARILLADO	
		INDUSTRIA	DESTINO
PIN LTDA	MANUFACTURAS SILÍCEAS (recirculación)	MATADERO LOS CRISTALES	Vallado
COLEMPAQUES	ACEITES EL DORADO (recirculación)	SOLLA S.A	Vallado
PEGANTES URANO	FILPA S.A (recirculación)	NESTLÉ PURINA PET CARE	Vallado
FUNDIKOM S.A	FIBERGLASS (recirculación)	FINCA S.A	Vallado
TAPON CORONA S.A		PRODUCTOS RAMO S.A	Rio Balsillas
INDUTANPAS LTDA		TEXTRAMA LTDA	Suelo
TRIOTOY PELKOWSKY LTDA Y CIA S EN C.		PRODUCTORA DE ABRASIVOS LTDA	Suelo
QUIMICUL		CARTONES DE AMÉRICA S.A	Alcantarillado
PRODUCTOS DORIA S.A		SHELL DE COLOMBIA S.A	Alcantarillado
CONAGRO LTDA		INDULATEX LTDA	Alcantarillado
HILOS DE MOSQUERA S.A		COMPAÑÍA FOSFORERA S.A	Alcantarillado
TEXQUIPLAS		PEGATEX-MOLYTEC LTDA	Alcantarillado
		MEJÍA Y CIA S.A	Alcantarillado
		BRENNTAG S.A	Alcantarillado

Gráfica 3. Industrias que generan vertimientos en el Municipio de Mosquera

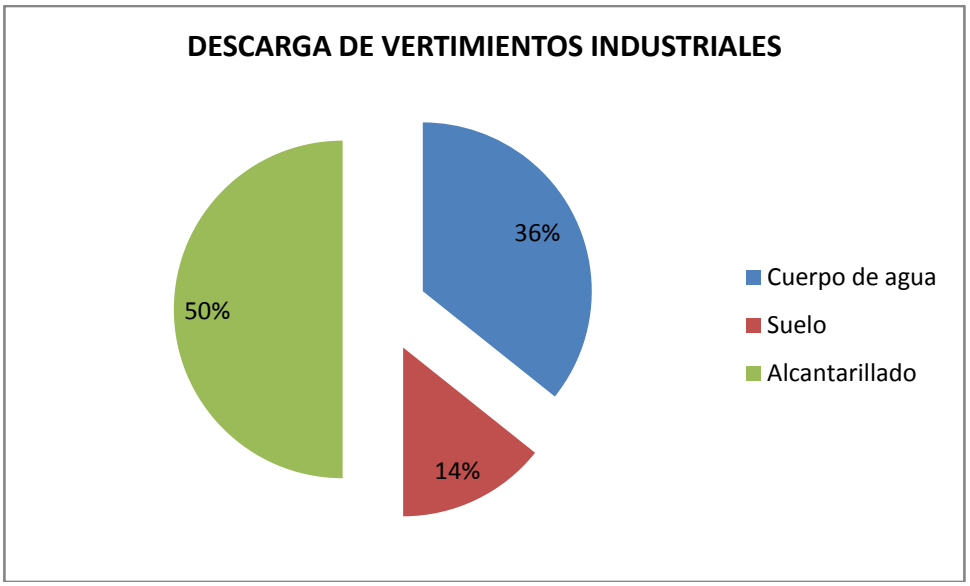


- Total de industrias que generan vertimientos industriales:14

- Total de industrias que generan vertimientos industriales y descargan sobre un cuerpo de agua: 5

- Total de industrias que generan vertimientos industriales y descargan hacia el sistema de alcantarillado: 7
- Total de industrias que generan vertimientos industriales y descargan sobre el suelo: 2, es utilizada para riego después de un tratamiento.

Gráfica 4. Descarga de vertimientos Industriales.



De las 14 industrias que generan vertimientos en el municipio de Mosquera 5 que corresponden al 36% descargan sus aguas hacia un cuerpo de agua, 7 industrias que corresponden al 50% descargan sus aguas hacia el alcantarillado municipal y 2 industrias que corresponden al 14% destinan sus aguas residuales después de un tratamiento para riego en fincas.

4.3.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. En Mosquera por lo general la mayoría de las industrias que generan vertimientos de tipo industrial poseen planta de tratamiento de agua residual con el fin de disminuir la concentración de contaminantes hacia el cuerpo receptor y de dar cumplimiento a las normas ambientales, sin embargo es necesario mencionar la industria MEJÍA Y CIA S.A , la cual genera vertimientos industriales proveniente de la

purga de calderas y no posee un sistema de tratamiento previo a la descarga del liquido residual.

La industria MEJÍA Y CIA tiene conexión directa de la salida de tubería de desagüe de la caldera con el sistema de alcantarillado municipal, sin poseer una unidad de pre tratamiento para el agua proveniente de la purga[15].

A continuación se identificaran las unidades que componen los sistemas de tratamiento de agua residual industrial de cada establecimiento existente en el municipio.

- **Pre tratamiento.** Son los procesos de tratamiento que se hacen antes del tratamiento primario, con un el fin de separar del agua residual la mayor cantidad de materias que por su naturaleza como grasas y aceites , o por su tamaño como latas, ramas o sedimentos, crearían problemas en los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares de mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales. Hacen parte de este tipo de tratamiento los procesos de desbaste como las rejillas, procesos de flotación como las trampa grasas, y procesos de sedimentación como los desarenadores entre otros.

En la siguiente tabla se describen las industrias que tienen unidades de pretratamiento en el municipio de Mosquera y el tipo de proceso que manejan.

[15] Ibíd., p. 68.

Cuadro 6. Industrias que tienen Pretratamiento

INDUSTRIA	TRATAMIENTO PRELIMINAR					No Poseen
	Homonegizador	Rejilla	Trampagrasas	Tamiz	Desarenador	
MATADERO LOS CRISTALES		X				
NESTLÉ PURINA PET CARE	X		X			
SOLLA S.A			X			
FINCA S.A			X			
PRODUCTOS RAMO S.A		X	X		X	
TEXTRAMA LTDA						X
PRODUCTORA DE ABRASIVOS LTDA	X		X			
CARTONES DE AMÉRICA S.A			X			
SHELL DE COLOMBIA			X			
INDULATEX LTDA						X
COMPAÑÍA FOSFORERA S.A						X
BRENNTAG S.A						X
PEGATEX-MOLYTEC LTDA						X

- La homogenización de caudales es realizada solamente por dos industrias: NESTLÉ PURINA PET CARE Y PRODUCTORA DE ABRASIVOS LTDA
- La remoción de sólidos gruesos del agua residual a través de rejillas es realizada por el Matadero Los Cristales debido a la presencia de cebos, pelos, cachos, parte de vísceras rojas y blancas, fragmentos de huesos etc. También es utilizada por la industria RAMO S.A
- Los trampa grasas son utilizadas en 7 industrias ya que estas remueven la presencia de grasas y aceites.
- La industria RAMO S.A para complementar su pre tratamiento tiene distribuida por toda la planta rejillas, trampa grasas y desarenadores.
- Las industrias INDULATEX LTDA, COMPAÑÍA FOSFORERA S.A, PEGATEX- MOLYTEC LTDA Y BRENNTAG nos poseen tratamiento preliminar para sus aguas residuales industriales.

- **Tratamiento primario.** En este tipo de tratamiento lo que se busca es remover los materiales que son posibles de sedimentar y la materia orgánica del agua residual usando tratamientos físicos o fisicoquímicos como la coagulación, floculación y sedimentación.

En el siguiente cuadro se describen las industrias que tienen unidades de tratamiento primario en el municipio de Mosquera y el tipo de tratamiento que manejan.

Cuadro 7. Descripción de industrias que tienen unidades de tratamiento primario.

INDUSTRIA	TRATAMIENTO PRIMARIO			NO POSEEN
	COAGULACIÓN	FLOCULACIÓN	SEDIMENTACIÓN	
MATADERO LOS CRISTALES	X	X	X	
NESTLÉ PURINA PET CARE	X	X	X	
SOLLA S.A			X	
FINCA S.A				X
PRODUCTOS RAMO S.A				
TEXTRAMA LTDA	X	X	X	
PRODUCTORA DE ABRASIVOS LTDA	X	X	X	
CARTONES DE AMÉRICA S.A	X	X	X	
SHELL DE COLOMBIA				X
INDULATEX LTDA	X	X		
COMPAÑÍA FOSFORERA S.A	X	X	X	
BRENNTAG S.A			X	
PEGATEX- MOLYTEC LTDA	X	X	X	

- El proceso de coagulación- floculación, seguido del proceso de sedimentación es realizado por completo en 7 industrias.
- Las industrias SOLLA S.A, Y PEGATEX-MOLYTEC LTDA poseen un tanque sedimentador como tratamiento primario

- **Tratamiento secundario**. Es el tratamiento responsable de la remoción de materia orgánica y de sólidos suspendidos se utiliza para extraer desechos y sustancias que con la sedimentación no se eliminaron. Este proceso acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos y reduce la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentadles que pueden ser separados por sedimentación en tanques de decantación.

A continuación se identifican las unidades de tratamiento secundario más usuales utilizadas por las industrias para remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos.

Cuadro 8. Descripción de industrias que tienen unidades de tratamiento secundario

INDUSTRIA	TRATAMIENTO SECUNDARIO			NO POSEEN
	LAGUNAS	FILTROS	BIODISCOS	
MATADERO LOS CRISTALES		X		
NESTLÉ PURINA PET CARE		X		

Continuación Cuadro 8. Descripción de industrias que tienen unidades de tratamiento secundario

INDUSTRIA	TRATAMIENTO SECUNDARIO			NO POSEEN
	LAGUNAS	FILTROS	BIODISCOS	
SOLLA S.A				X
FINCA S.A				X
PRODUCTOS RAMO S.A	X			
TEXTRAMA LTDA		X		
PRODUCTORA DE ABRASIVOS LTDA		X	X	
CARTONES DE AMÉRICA S.A				X
SHELL DE COLOMBIA				X
INDULATEX LTDA		X		
COMPAÑÍA FOSFORERA S.A		X		
BRENNTAG S.A				X
PEGATEX- MOLYTEC LTDA				X

La filtración es un proceso posterior a la coagulación- floculación y sedimentación, es utilizado por seis industrias. La industria RAMO S.A tiene como unidad de tratamiento biológico una laguna de estabilización, para la remoción de materia orgánica.

La industria PRODUCTOS ABRASIVOS LTDA posee un bioreactor para la remoción de fenoles, ya que este lo utilizan como insumo dentro de su proceso productivo.

4.3.3 Estaciones de Servicio. Una estación de servicio o gasolinera es un punto de venta de combustible y lubricantes para vehículos de motor; generalmente gasolina o gasóleo, derivados del petróleo. Estos establecimientos están destinados al almacenamiento y distribución de dichos combustibles a través de equipos fijos que llenan directamente los tanques de combustible. Además algunas estaciones de servicio cuenta con servicios adicionales como lubricación, lavado general, cambio y reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnostico, trabajos menores de mantenimiento automotor, venta de llantas, lubricantes, baterías y demás servicios[16].

Las estaciones de servicio analizadas en Mosquera, son estaciones donde se expenden combustibles líquidos derivados del petróleo que ofrecen servicio de tanqueo, lubricación, lavado de vehículos. De las 7 estaciones analizadas, 4 realizan lavado de automotores y venta cambio de aceite y las 3 restantes sólo

[16] SANTANA BASTOS, Edwin Alexander. Diagnostico de las Estaciones de Servicio de Santafé De Bogotá reguladas por el DAMA y Análisis de sus vertimientos Líquidos. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental, 2000. p1.

venta de aceite.

- **Origen del agua residual Industrial y Sistema de Tratamiento.** Las aguas residuales industriales de las estaciones de servicio provienen principalmente de la zona de lavado de automotores y son descargadas hacia el canal San Jose o hacia el sistema de alcantarillado municipal después de un tratamiento preliminar que busca eliminar los constituyentes de las aguas residuales como sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, grasas y aceites.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales en las estaciones de servicio son muy similares, por lo general poseen las rejillas- desarenadores y las trampagrasas; algunas poseen rampas de lavado de vehículos rodeadas por un sumidero, con el fin de recolectar allí toda el agua proveniente de dicha actividad.

La limpieza de los desarenadores se realiza de manera manual, y los sólidos que se acumulan son almacenados dentro del establecimiento, para luego ser recogidos por un camión o volqueta. Igualmente la limpieza de la trampa de grasas es de forma manual, y las grasas acumuladas son almacenadas en un tanque para la venta.

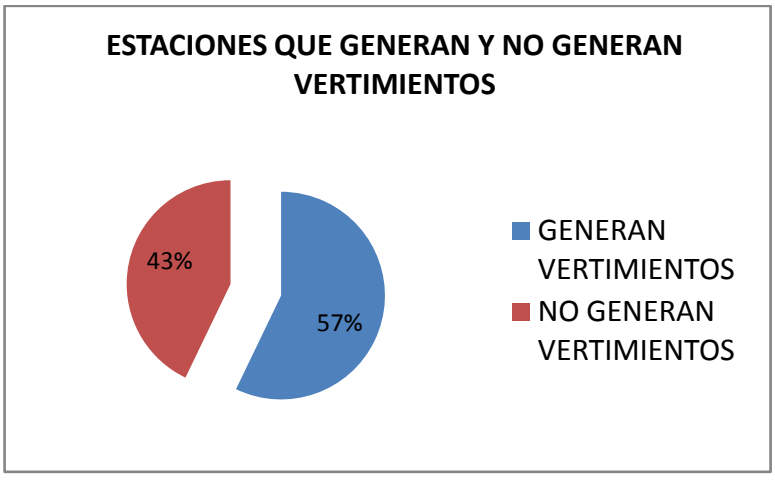
En la tabla 4 se muestra el sistema de tratamiento para agua residual de cada una de las estaciones de servicio.

Tabla 4. Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales en estaciones de servicio[17]

ACTIVIDAD	*RAZÓN SOCIAL*	*DESTINO AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES*		*SISTEMA DE TRATAMIENTO*	
ESTACIONES DE SERVICIO		**ALCANTARILLADO**	**CUERPO DE AGUA**	**REJILLAS-DESARENADOR**	**TRAMPAGRASAS**
	ESSO	CANAL		1	6
	MOBIL	X		4	3
	LAVAFULL	X		2	3
	AUTOSOL LTDA	X		1	1
	SERVICENTRO ESSO	NO GENERA VERTIMIENTOS			
	TERPEL	NO GENERA VERTIMIENTOS			
	TERPEL- EL PORVENIR	NO GENERA VERTIMIENTOS			

De las siete estaciones, cuatro estaciones de servició generan vertimientos provenientes del lavado de vehículos, y las tres restantes no generan residuos líquidos.

Gráfica 5. Estaciones que generan vertimientos

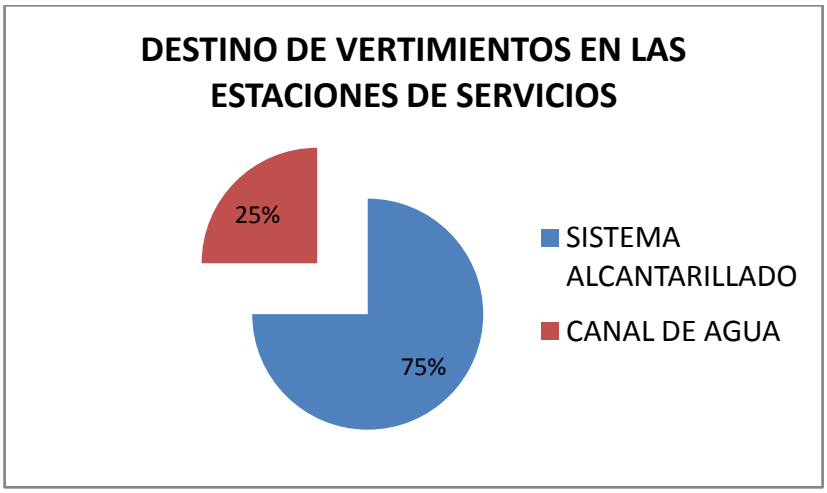


[17] MARTÍNEZ AYALA, Diana Carolina, PEÑUELA QUINTERO, Francy Patricia. Diagnostico de vertimientos y propuestas de alternativas de mejoramiento a los sistemas de tratamiento de Agua Residual Industrial en los municipios de Facatativa y Mosquera- jurisdicción de la CAR-Sabana de Occidente. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental, 2005 p131.

- **Cuerpo receptor del Agua Residual Generada en las Estaciones de servicio.**

De las cuatro estaciones que generan vertimientos en el municipio de Mosquera: 3 estaciones descargan sus aguas residuales hacia el sistema de alcantarillado municipal después de un previo tratamiento, y una estación de servicio descarga sus aguas residuales hacia un canal de agua.

Gráfica 6. Destino de vertimientos en las estaciones de servicio.



4.4 RECURSO HÍDRICO

En lo que se refiere a recurso hídrico superficial, el municipio de Mosquera cuenta con los Ríos Serrezuelas, Bojacá que son afluentes del Rio Balsillas, que a su vez es afluente del Rio Bogotá, como fuentes de recurso hídrico.

4.4.1 Rio Bogotá. Tiene su nacimiento a unos 3400 m.s.n.m en el Alto de la Calavera en el Municipio de Villa pinzón, y desemboca en el rio Magdalena después de recorrer cerca de 370 kilómetros a unos 280 m.s.n.m, en el municipio de Girardot. Este Rio se encuentra en la lista de los ríos más contaminados del mundo debido a las descargas contaminadas que en el hacen varias corrientes a lo largo de su trayecto, además de las descargas realizadas por las curtiembres en su cuenca alta.

Además de estas fuentes superficiales, el municipio cuenta con el recurso de agua subterránea. Según la empresa Acueducto Hydros de Mosquera, una de las dos fuentes de abastecimiento de agua potable del municipio es el agua subterránea, recurso que es extraído mediante la explotación del pozo Centro el cual tiene una producción que asciende a los 46 l/s. [18]

En cuanto al sector rural del municipio, el abastecimiento de agua en algunas veredas se hace mediante acueductos comunales que son abastecidos por pozos profundos y la conducción se realiza mediante mangueras, como es el caso de la Vereda Los Puentes. Este tipo de acueductos usualmente están a cargo de las diferentes Juntas de Acción Comunal y Juntas de Acueducto, careciendo de las condiciones mínimas para el consumo humano. En otros casos, como se pudo constatar con el recorrido que se hizo por las diferentes veredas, el abastecimiento

[18] CAUDALES DE COLOMBIA. Acueducto Hydros Mosquera. [en línea]. [consultado 13 de Diciembre de 2008]. Disponible en <http://www.caudalesdecolombia.com.co/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=24&id=87&Itemid=296>

de agua potable se hace mediante carro tanques que visitan las diferentes veredas de manera periódica.

La otra fuente de abastecimiento de agua potable con la cual cuenta el municipio es la compra de agua en bloque que le hace a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y que es de aproximadamente 33 l/s. El agua que se compra a la EAAB es potable y para su suministro simplemente se mezcla con la producida en la planta de potabilización del municipio. En conjunto los dos caudales, el producido en la planta de potabilización y el que se compra a la EAAB, suman un total de 77 l/s.

4.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado que posee el municipio de Mosquera es de tipo combinado, es decir, recolecta conduce y dispone tanto las aguas lluvias como las residuales. En función de la localización geográfica y la disposición final de las aguas residuales el sistema se encuentra divido en dos sectores: Sector Central y Sector Sur Oriental.

4.5.1 Sector Central. Este sector se ubica en el costado norte de la carretera Panamericana y en él se concentra la parte más antigua del municipio. Las aguas lluvias y residuales que recibe las conduce a las estaciones de bombeo Matadero y CAR, y después a un sistema de tratamiento que está conformado por lagunas

de estabilización y un vallado que descarga sus aguas en el canal San José. Las lagunas de estabilización se ubican a tres kilómetros del casco urbano sobre la margen derecha de la vía que conduce a la Mesa. Las lagunas fueron construidas por la CAR en 1997 y tienen tres unidades que se diseñaron en serie y que poseen una capacidad de 120 litros/segundo.

4.5.2 Sector Sur Oriental. Este a su vez se encuentra dividido en tres sub sectores que son delimitados por los barrios que los conforman: Sub sector centro, que está conformado por los barrios Planadas, Managua y Sabana que drenan sus aguas residuales a la estación de bombeo Planadas. Sub sector Oriente, que lo conforman los barrios Porvenir Rio y Villa Lady, que drenan sus aguas residuales a la estación de bombeo Porvenir. El Sub sector Occidente, que lo conforman los barrios El Diamante, Villa Cely y El Lucero en el cual se maneja un sistema de alcantarillado propio el cual descargas sus aguas a diferentes canales abiertos los cuales pertenecen al sistema de riego La Ramada.

4.6 AGUA SUBTERRÁNEA

En Colombia, el recurso hídrico subterráneo se ha ido convirtiendo en una parte esencial del desarrollo, principalmente en zonas rurales en donde no es posible el abastecimiento de agua por parte de fuentes superficiales, ya sea por que se encuentran muy contaminadas o por que han sido sobreexplotados. Existen diferentes zonas a lo largo y ancho del país en donde este recurso se ha ido

explotando de manera continua, como por ejemplo algunos municipios de la costa atlántica, el Valle del Cauca donde se emplea a gran escala en el cultivo de caña, ciudades como Tunja y también en la Sabana de Bogotá, en donde se encuentra ubicado el Municipio de Mosquera.

Han sido varios los estudios que diferentes entidades como la CAR, INGEOMINAS y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) han realizado a lo largo de varios años para conocer el estado real de este recurso en toda la Sabana de Bogotá. De uno de estos estudios, que fue realizado por INGEOMINAS para la EAAB en 1996 y que tiene por título "Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Municipio de Mosquera", es de donde se obtiene la información referente a las zonas de interés hidrogeológico en la Sabana de Bogotá y que se describe a continuación.

4.6.1 Mapa de Zonas de Interés Hidrogeológico. De acuerdo al informe presentado por el INGEOMINAS para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)[19] en el Municipio de Mosquera se elaboró el mapa de interés hidrogeológico que permite especificar y delimitar las zonas que presentan características de productividad variables **(Ver Anexo D).** Para elaborar este mapa se tuvieron en cuenta las características y la correlación geológica de la

[19] INGEOMINAS. Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Municipio de Mosquera. Bogotá: INGEOMINAS, 1996. p. 5

zona, el análisis de puntos de agua y la evaluación geoeléctrica principalmente.

Con los datos obtenidos de todos estos elementos y el análisis de cada uno de los acuíferos a diferentes profundidades, el mapa de zonas de interés hidrogeológico elaborado permitió dar una idea más clara de las zonas de mayor interés, así como también zonas que potencialmente pueden ser muy productivas con un adecuado manejo en el municipio de Mosquera.

Las zonas de Interés hidrogeológico analizadas en el municipio corresponden a las siguientes:

- **Zona de alto interés hidrogeológico**: Se ubican las áreas que presentan acuíferos regionales muy importantes, que corresponden estratigráficamente al Grupo Guadalupe que se ubican desde los 100 m o menos y en donde los caudales de captación pueden llegar a los 50 l/s. En esta zona el agua por su composición fisicoquímica y bacteriológica permite que sea apta para su consumo en sectores económicos como la industria y la agrícola. Para el consumo humano, debido a los contenidos relativamente elevados de hierro hacen que no son aptas para su consumo sino que requiere de un tratamiento convencional para poder disponer de ella.

- **Zona de moderado interés hidrogeológico:** Son áreas que están constituidos fundamentalmente por acuíferos locales en niveles muy superficiales y que en ocasiones pueden llegar a alcanzar extensiones relativamente importantes, geológicamente están caracterizados por pertenecer al Cuaternario depositado en la zona y el cual está conformado fundamentalmente por depósitos Areno-arcillosos y donde los caudales de explotación agua obtenidos se encuentran entre 2-12 l/s. El agua captada en esta zona es de buena calidad, pero tiene problemas en algunos sectores, por la contaminación producida por la descomposición de la materia orgánica. Localmente también presentan niveles altos de hierro, lo cual hace que para que sea apta para el consumo humano requiere de un tratamiento adecuado.

- **Zona de bajo interés hidrogeológico:** Geológicamente corresponde formaciones del cuaternario, terciario y cretáceo; lo constituyen fundamentalmente las unidades arcillosas, las cuales por sus características de impermeabilidad actúan como sello y que a su vez hacen que estos niveles protejan los acuíferos de algún tipo de contaminación que se pueda presentar en el área. Debido a estas características no son tenidas en cuenta para su explotación.

En el Estudio presentado por el INGEOMINAS para la Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB)[20] y con base a la información recolectada para el

[20] INGEOMINAS. Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Municipio de Mosquera. Bogotá: INGEOMINAS, 1996. p. 5

municipio De Mosquera se establecieron básicamente tres (3) zonas de Interés hidrogeológico (Anexo D), las cuales se detallan a continuación:

ZONA 1. DE ALTO INTERÉS HIDROGEOLÓGICO: Este sector lo encontramos ubicado en parte occidental del municipio y corresponde al Acuífero de la formación Guadalupe, que va desde los 100m de profundidad. En este sector aflora la formación Planers, que está conformada por una serie de Liditas, intercaladas con Limolitas Silíceas, y que evidencian una porosidad Secundaria debida fundamentalmente al fuerte fracturamiento registrado en la zona. Supra yace a la Formación Arenisca Dura, que básicamente está representada por niveles arenosos, donde por sus características permiten que se puedan captar muy buenas cantidades de agua Subterránea.

ZONA 2. DE MODERADO INTERÉS HIDROGEOLÓGICO: Esta zona fue subdividida en tres (3) subzonas que van desde la superficie hasta 700m de profundidad. Están representados por depósitos del Cuaternario de moderado a bajo interés hidrogeológico.

Subzona 2a: Ubicada entre los 100 y 500 m de profundidad, son depósitos cuaternarios de Moderado interés hidrogeológico constituidos básicamente por cuerpos arenosos lenticulares, saturados con agua dulce que pueden generar caudales que varían entre 0.1 a 12.5 l/s.

Subzona 2b: Desde superficie hasta más de 500 m de profundidad se encuentran niveles de Arenas, Limos y gravas, saturados con agua dulce. A los 300 m aproximadamente, se ubican depósitos de bajo interés constituido por arcillas, intercaladas con delgados niveles de sedimentos de moderado interés hidrogeológico.

Subzona 2c: Entre 100 y 150m, se encuentran depósitos de moderado interés hidrogeológico; después de esta profundidad y hasta los 450m se presenta una intercalación de depósitos cuaternarios de moderado y bajo Interés.

ZONA 2. DE BAJO INTERÉS HIDROGEOLÓGICO: Geológicamente lo constituyen la Formación Guaduas y sedimentos arcillosos del cuaternario. Litológicamente está representada por niveles arcillosos de ahí su categorización como zona de bajo interés hidrogeológico.

ZONAS ELEVADAS. Representadas por las zonas de recarga y unidades impermeables protectoras de los acuíferos. Son unidades Cretáceas y Terciarias. En el municipio de Mosquera se ubican hacia el occidente y sur occidente.

Una zona de recarga es aquella que recibe directamente la infiltración del agua lluvia, en los diferentes horizontes del acuífero, bien sea por la porosidad primaria o secundaria debido al intenso fracturamiento de la roca. Esta zona esta normalmente constituida por unidades arenosas. En el área de estudio se

encontraron zonas de recargas que corresponden a formaciones de arenisca dura, plaeners, labor y tierna.

Es importante anotar que esta Zonificación se realizo en la área plana del municipio y no se tuvo en cuenta la topografía montañosa.

4.7 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Según Foster[21], la vulnerabilidad de contaminación del acuífero se utiliza para representar las características intrínsecas que determinan la sensibilidad de una parte del acuífero a ser adversamente afectada por una carga contaminante impuesta. Es en efecto, lo inverso a la capacidad de asimilación de contaminantes de un cuerpo de agua receptor en el lenguaje de calidad de ríos.

En el ano de 1997 se realizó un convenio entre el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) y el Ministerio de Salud obteniéndose como resultado “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS DE LA SABANA DE BOGOTÁ”. Como resultado de la primera etapa de este estudio se elaboro un mapa a escala regional de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, mapa que además sirve como una herramienta del plan de ordenamiento territorial para regular las diferentes actividades que resultan potencialmente contaminantes de las aguas

[21] STEPHEN, Foster, VENTURA, Miguel, HIRATA, Miguel. Contaminación de las Aguas Subterráneas. Un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. 1987. p. 12

subterráneas. Ver mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, Anexo E.

A continuación se hará una breve descripción del método empleado en el estudio antes mencionado y posteriormente se citaran los resultados de vulnerabilidad obtenidos para las diferentes unidades geológicas que son interés de este trabajo de investigación (Unidades Cuaternarias y el Grupo Guadalupe).

4.7.1 Método de indexación "GOD". Propuesto por Stephen Foster (1987), se emplea para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, en áreas con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de los mismos. Este método analiza los siguientes parámetros[22]:

- **Grounwater (G):** Hace referencia a las condiciones de confinamiento del acuífero, clasificándolo en las categorías: libre, libre-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero.

- **Overall (O):** En este parámetro se tiene en cuenta la caracterización global de la zona que supra yace el acuífero, en naturaleza litológica, grado de consolidación y fracturamiento de la roca.

[22] INGEOMINAS .Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos de la Sabana de Bogotá. 1997. p. 11

- **Depth (D):** Hace referencia a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante, para acuíferos confinados.

El método consiste en establecer escalas numéricas para valorar cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación del contaminante. El grado total de vulnerabilidad se establece al multiplicar los valores que son asignados a cada parámetro, los cuales están entre 0 y 1, donde 0 indica que la vulnerabilidad es despreciable y el 1 indica que la vulnerabilidad a la contaminación es máxima.

4.7.2 Determinación de la Vulnerabilidad

4.7.2.1 Características Litológicas (O)

- **Unidades Cuaternarias.** Estas unidades contienen formaciones como la Tilata, y depósitos de terraza alta, aluviales, coluviales entre otros. En su mayoría, dichas unidades son sedimentos no consolidados de composición arcillo-arenosa y los valores que se le asigna al parámetro “O” en estas unidades están entre 0.40 y 0.65

- **Grupo Guadalupe.** Este grupo se encuentra conformado por las formaciones Labor y Tierna, Plaeners y Arenisca Dura. Son rocas consolidadas con un elevado grado de fracturamiento y los valores asignado al índice “O” están entre 0.58 y 0.68.

4.7.2.2 Condiciones del Acuífero (G)

Las unidades que se encuentran más cerca a la superficie en las cuales predomina el material arenoso y arcillo-arenoso y que además presentan gravas fueron definidas como libres. Como en estas unidades el agua subterránea se encuentra en contacto con la atmosfera gracias a los poros de la zona no saturada es más factible que los contaminantes alcancen el acuífero, a estas unidades se les asigna un valor de 0.80 para el índice “G”.

Las unidades que son más profundas, y que pueden sin embargo conformar horizontes acuíferos poco profundos (Terraza Alta, Formación Labor y Tierna, Formación Plaeners y Formación Arenisca Dura)

4.7.2.3 Isoprofundidad del Suelo (D)

Para poder dar valores a la profundidad del agua en los acuíferos de la sabana, se recurrió a la información del Banco de Datos Hidrogeológicos del INGEOMINAS (BDHI).

“Como resultado del análisis de los acuíferos libres y libres cubiertos a semiconfinados, se estableció que el rango de profundidad del nivel del agua en

los horizontes poco profundos de las diferentes unidades del área, según los datos del inventario de aljibes consultado para este índice, es en general inferior a 5 metros, por anterior se le asigna un valor de 0.9 en el índice (D) a todas las unidades geológicas del área"[23].

En la tabla # 5 se muestran las diferentes unidades geológicas de interés, los valores asignados a cada uno de los índices y el grado de vulnerabilidad que se obtiene.

TABLA 5. Estimación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación según método de Indexación de parámetros "GOD". Foster (1987)

UNIDAD GEOLÓGICA	***ÍNDICE "O"***	***ÍNDICE "G"***	***ÍNDICE "D"***	***ÍNDICE "GOD"***	***GRADO DE VULNERABILIDAD***
DEPÓSITOS COLUVIALES	0.70	0.80	0.90	0.50	ALTO
DEPÓSITOS ALUVIALES	0.45	0.80	0.90	0.32	MODERADO
DEPÓSITOS DE TERRAZA ALTA	0.55	0.65	0.90	0.32	MODERADO
LABOR Y TIERNA	0.68	0.65	0.90	0.40	MODERADO
PLAENERS	0.60	0.55	0.90	0.30	MODERADO
ARENISCA DURA	0.68	0.65	0.90	0.40	MODERADO

[23] Ibíd., p. 20

4.8 AGROQUÍMICOS EMPLEADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA.

4.8.1 Fertilizantes. Sustancia que se añade a los suelos agrícolas para mejorar el rendimiento de los cultivos y la calidad de la producción.

- **Gallinaza.** Es un material compuesto por las excretas de las gallinas, residuos de alimentos, plumas, huevos rotos y el material fibroso de la cama con cal.

La gallinaza, por ser material de desecho de las aves, posee altos contenidos de amoníaco que al tener contacto con el suelo o con las plantas las quema, a la vez que se convierte en un riesgo de transmisión de microorganismos, por lo cual se hace indispensable la aplicación de los procesos de compostaje.

El amoníaco es fácilmente biodegradable. Las plantas lo absorben con gran facilidad eliminándolo del medio, de hecho es un nutriente muy importante para su desarrollo.

No obstante en concentraciones muy altas en el agua, puede causar graves daños en un río o estanque, ya que el amoniaco interfiere en el transporte de oxígeno por la hemoglobina.

- **Nutrimon**

15-15-15 Nutrimon

Nitrógeno total (N)	15%
–Nitrógeno amoniacal (N)	8,5%
–Nitrógeno nítrico (N)	6,5%
Fósforo asimilable (P_2O_5)	15%
Potasio soluble (Cloruro) (K_2O)	15%

13-26-6 Nutrimon

Nitrógeno total (N)	13%
–Nitrógeno amoniacal (N)	9,0%
–Nitrógeno nítrico (N)	4,0%
Fósforo asimilable (P_2O_5)	26%
Potasio soluble (Cloruro) (K_2O)	6%

10-30-10 Nutrimon

Nitrógeno total (N)	10,0%
–Nitrógeno amoniacal (N)	6,3%
–Nitrógeno nítrico (N)	3,7%
Fósforo asimilable (P_2O_5)	30,0%
Potasio soluble (K_2O)	10,0%

- **Nitrógeno amoniacal*:*** aguas superficiales bien aireadas no deben contener amoníaco. Aguas debajo de conglomerados urbanos, donde se descargan aguas negras, tienen siempre amoníaco, llegando a veces hasta 4 mg/l.

Efecto: La presencia de amoníaco libre o ion amonio (NH_4 +) se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. A pH altos el amonio pasa a amoníaco afectando las aguas para la producción piscícola. Si el medio es aerobio el amoníaco se transforma en nitritos.

- **Nitritos:** Aparecen en el agua por la oxidación del amoníaco, y por la reducción de los nitratos. Su presencia se debe a contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco.

Efecto: La presencia de nitritos limita el uso del agua para consumo humano. Su presencia indica polución con la consecuente aparición de organismos patógenos.

- **Nitratos:** Pueden provenir de las rocas que los contengan (poco común), o bien por oxidación bacteriana de la materia orgánica, principalmente de las eliminadas por los animales. La concentración aumenta en las aguas superficiales

por el uso de fertilizantes y el aumento de la población (vertimientos de aguas residuales domésticas).

Efecto: El aumento en la concentración de nitratos limita el uso del agua para consumo humano. Desde el punto de vista de potabilidad las normas actuales admiten hasta 50 mg/l de nitratos; concentraciones superiores son perjudiciales para la salud.

- **Urea.** Nombre Químico Carbamida

  Fórmula Química CO(NH2)2

Lentamente puede liberar amoniaco y degradarse a nitrato. El amoniaco es tóxico para los peces. De todos modos la liberación de amoniaco de la urea es lenta y mucho menos tóxica que las sales de amoniaco. Las pruebas de toxicidad del agua indican que durante 24 horas a una exposición de 16.000 mg/l de urea no se verifica mortandad de la especie Creek Chubs.

- **Fosfato Diamónico D.A.P.** Formula Química: $(NH_4)_2HPO_4$

  Formula Comercial: 18– 46 – 0

El DAP por ser un nutriente, puede generar el fenómeno de Eutroficación (proceso en el cual se permite el desarrollo anormal de la flora, la cual empieza a absorber tal cantidad de oxígeno del agua, compitiendo por él con la fauna acuática, hasta

que llega un momento en que el proceso biológico de ésta se altera por un nivel muy bajo de oxígeno disponible).

- **Cal Dolomítica.** Es una mezcla de carbonato de calcio (CaC03) 40% y carbonato de magnesio (MgCO3) de 8 a 10%.Escorrentía de todas las categorías de actividades agrícolas que dan lugar a contaminación del agua superficial y subterránea. El agua procedente del riego contiene sales, nutrientes y plaguicidas. El drenaje con cañerías transporta rápidamente sustancias lixiviadas, como el nitrógeno, a las aguas superficiales.

CUADRO 9. Efectos de las actividades agrícolas en la calidad del agua

Actividad agrícola	**Efectos**	
	Aguas subterráneas	**Aguas subterráneas**
Labranza/arado	**Sedimentos/turbidez**: los sedimentos transportan fósforos y plaguicidas adsorbidos a las partículas de los sedimentos; **entarquinamiento** de los lechos de los ríos y pérdida de hábitat, desovaderos, etc.	
Aplicación de fertilizantes	Escorrentía de nutrientes, especialmente fósforo, que da lugar a la eutrofización y produce mal gusto y olor en el abastecimiento público de agua, crecimiento excesivo de las algas que da lugar a desoxigenación del agua y mortandad de peces	Lixiviación del nitrato hacia las aguas subterráneas; los niveles excesivos representan una amenaza para la salud pública.

Continuacion cuadro 9. Efectos de las actividades agrícolas en la calidad del agua

Actividad agrícola	**Efectos**	
	Aguas subterráneas	**Aguas subterráneas**
Aplicación de estiércol	Esta actividad se realiza como medio de aplicación de fertilizantes; si se extiende sobre un terreno congelado provoca en las aguas receptoras elevados niveles de contaminación por agentes patógenos, metales, fósforo y nitrógeno, lo que da lugar a la eutrofización y a una posible contaminación.	Contaminación de las aguas subterráneas, especialmente por el nitrógeno.
Plaguicidas	La escorrentía de plaguicidas da lugar a la contaminación del agua superficial y la biota; disfunción del sistema ecológico en las aguas superficiales por pérdida de los depredadores superiores debido a la inhibición del crecimiento y a los problemas reproductivos; consecuencias negativas en la salud pública debido al consumo de pescado contaminado. Los plaguicidas son trasladados en forma de polvo por el viento hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a miles de millas de distancia (por ejemplo, a veces se encuentran plaguicidas tropicales o subtropicales en los mamíferos del Ártico).	Algunos plaguicidas pueden lixiviarse en las aguas subterráneas, provocando problemas para la salud humana a través de los pozos contaminados.
Granjas/parcelas de engorde	Contaminación del agua superficial con numerosos agentes patógenos (bacterias, virus, etc.), lo que da lugar a problemas crónicos de salud pública. Contaminación por metales contenidos en la orina y las heces.	Posible lixiviación de nitrógeno, metales, etc. hacia las aguas subterráneas.

Continuacion cuadro 9. Efectos de las actividades agrícolas en la calidad del agua

Actividad agrícola	**Efectos**	
	Aguas subterráneas	**Aguas subterráneas**
Riego	Escorrentía de sales, que da lugar a la salinización de las aguas superficiales; escorrentía de fertilizantes y plaguicidas hacia las aguas superficiales, con efectos ecológicos negativos, bioacumulación en especies ícticas comestibles, etc. Pueden registrarse niveles elevados de oligoelementos, como el selenio, con graves daños ecológicos y posibles efectos en la salud humana.	Enriquecimiento del agua subterránea con sales, nutrientes (especialmente nitrato).
Talas	Erosión de la tierra, lo que da lugar a elevados niveles de turbidez en los ríos, entarquinamiento del hábitat de aguas profundas, etc. Perturbación y cambio del régimen hidrológico, muchas veces con pérdida de cursos de agua perennes; el resultado es problemas de salud pública debido a la pérdida de agua potable.	Perturbación del régimen hidrológico, muchas veces con incremento de la escorrentía superficial y disminución de la alimentación de los acuíferos; influye negativamente en el agua superficial, ya que reduce el caudal durante los períodos secos y concentra los nutrientes y contaminantes en el agua superficial.
Silvicultura	Gran variedad de efectos; escorrentía de plaguicidas y contaminación del agua superficial y de los peces; problemas de erosión y sedimentación.	
Acuicultura	Descarga de plaguicidas (por ejemplo, TBT[1]) y altos niveles de nutrientes en el agua superficial y subterránea a través de los piensos y las heces, lo que da lugar a fenómenos graves de eutrofización.	

4.8.2 Insecticidas. Químicos utilizados para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier plaga.

- **Lorsban. Ingrediente Activo:** Clorpirifos

Mecanismo de Acción: Es un insecticida organofosforado de amplio espectro, indicado para controlar insectos de suelo y follaje en distintos cultivos; mata los insectos por contacto, ingestión e inhalación.

- **Látigo. Ingrediente Activo:** Clorpirifos y cipermetrina

Persistencia: Moderadamente persistente (hasta 1 año)

Es moderadamente persistente en suelo. Su vida media en los sistemas terrestres varía usualmente entre 60 y 120 días, pero puede abarcar un intervalo de 2 semanas hasta 1 año dependiendo del tipo de suelo, el clima y otras condiciones. Su permanencia disminuye a pH básico, pero se incrementa en condiciones anaerobias. Su movilidad en suelo es baja o nula porque se une fuertemente a las partículas, por ello son pocas sus posibilidades de lixiviarse y contaminar las aguas subterráneas. En los cuerpos de agua, la persistencia del Clorpirifos etil depende del tipo de formulación, siendo mayor en los concentrados emulsionables y polvos humectables. Cuando éstos se aplican, las concentraciones en agua

disminuyen rápidamente debido a la adsorción firme a sedimentos y materia orgánica suspendida. Para los gránulos y formulaciones de liberación controlada, las concentraciones que se alcanzan son menores, pero se mantiene por más tiempo. La volatilización es su principal ruta de disipación en el agua (vida media de 3.5 a 20 días), seguida de la fotólisis en la superficie y la hidrólisis a altas temperaturas y pH básico. Su potencial de bioacumulación en organismos acuáticos puede variar de moderado a muy alto. Este plaguicida y sus metabolitos se acumulan en las plantas, pudiendo ser detectados en los cultivos 10 a 14 días después de su aplicación

- **Gaucho. Ingrediente Activo**: Imidacloprid

Modo de Acción: Es un insecticida que actúa por contacto e ingestión para el control de insectos chupadores en diversos cultivos, es sistémico en la planta y tiene efecto residual.

Persistencia: Moderadamente persistente (hasta 47 semanas)

Este plaguicida es persistente en el suelo, con una vida media de 48 a 190 días dependiendo de la presencia de cobertura vegetal y materia orgánica añejada. En suelos con una cobertura densa y alto contenido de materia orgánica, la degradación del Imidacloprid se acelera. El proceso de degradación ocurre en dos fases, primero se produce el ácido -6-cloronicotínico y posteriormente dicho metabolito es mineralizado hasta bióxido de carbono. Este compuesto muestra una afinidad moderada por la materia orgánica del suelo. Bajo condiciones de uso

recomendado no constituye un riesgo significativo de contaminación para las aguas subterráneas; sin embargo, en suelos porosos y pedregosos puede moverse verticalmente dependiendo de las prácticas de irrigación. En el agua su vida media es mayor de 31 días a diferentes valores de pH. Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo.

- **Roxion. Ingrediente Activo:** Dimetoato

Modo de Acción: Es un insecticida acaricida organofosforado que tiene acción sistémica y de contacto, siendo absorbido rápidamente por el tejido celular y transportado por la corriente de la savia a todas partes de la planta.

Persistencia: Poco persistente

Su persistencia en el ambiente es baja. En suelo tiene una vida media que varía de 2.5 (en zonas lluviosas) hasta 120 días; sin embargo, el valor más representativo es de alrededor de 20 días. Por su parte, su vida media en agua (ríos) es de 8 días. En suelo sufre una biodegradación rápida que depende de la temperatura, contenido de humedad, pH, tipo de suelo, número de microorganismos, cantidad de plaguicida aplicado y grado de evaporación. Por ello, se biodegrada en mayor proporción en suelos pesados, con pH alcalino y en los cuales se han aplicado concentraciones elevadas de Dimetoato. Se adsorbe muy débilmente a las partículas de suelo, por lo que su lixiviación hasta aguas

subterráneas puede ser considerable. En los cuerpos de agua no se une a los sedimentos o sólidos suspendidos y se degrada rápidamente por medios químicos y biológicos. La fotólisis y volatilización no son importantes en este medio. No se bioacumula en los organismos acuáticos.

- **Curacron. Ingrediente Activo:** Profenofos

Modo de Acción: Es un insecticida organofosforado que tiene acción por contacto e Ingestión. Translaminar

Persistencia: Poco persistente

En los suelos su movilidad es baja y es eliminado rápidamente por hidrólisis química en condiciones alcalinas y por biodegradación. Su vida media en condiciones aerobias y anaerobias es de 2 y 3 días, respectivamente. Su metabolismo a pH ácido y neutro es menor. En los cuerpos de agua se espera que sea degradado por hidrólisis (particularmente a pH básico) y que se adsorba a los sólidos suspendidos y sedimentos. Su potencial de bioconcentración varía de moderado a alto.

- **Decis. Ingrediente Activo:** Deltametrina

Modo de Acción: Contacto

Persistencia: Ligeramente persistente (2 semanas).

En suelo este plaguicida se une fuertemente a las partículas y a la materia orgánica, lo cual reduce significativamente su movilidad y sus posibilidades de lixiviarse hasta las aguas subterráneas. Su vida media en suelo se ha calculado entre 11 y 72 días; sin embargo, su desaparición puede ser más rápida en algunos casos, ya que sus residuos desaparecen después de dos semanas en el suelo mineral o de 10 días en plantas. En los cuerpos de agua se elimina por adsorción a los sedimentos, absorción por las plantas y por evaporación. Se bioconcentra, pero sólo temporalmente, en peces y plantas, ya que estos organismos tienen la capacidad de metabolizarlo y eliminarlo. Las plantas metabolizan este plaguicida mediante rutas similares a las de los animales (mamíferos).

- **Dipel. Ingrediente Activo:** *Bacillus thuringiensis*

Modo Acción: Toxemia

Se produce cuando la larva ingiere el producto y el pH alcalino del intestino de la larva, activa las toxinas contenidas en el cristal, las cuales se adhieren a los receptores de la pared del intestino, produciéndose parálisis intestinal, las larvas dejan de alimentarse en pocos minutos (10 a 15), cesando el daño al cultivo.

Luego se produce ruptura de las células de la pared intestinal.

Persistencia: Poco persistente

Este plaguicida no se acumula en las capas minerales u orgánicas del suelo y no se lixivia hasta las aguas subterráneas. Cuando se aplica en los cuerpos de agua se sedimenta con rapidez al adsorberse a las partículas o materia orgánica suspendida. Este microorganismo puede sobrevivir en agua dulce y marina por más de 70 y 40 días, respectivamente.

- **Tamaron. Ingrediente Activo**: Metamidofos

Modo de Acción: Sistémico, contacto e ingestión.

Persistencia: Su vida media tiene un valor de 1.9 días en limo, 4.8 días en suelo franco, 6.1 días en arena y 10 a 12 días en suelo franco arenoso. Por su parte, su vida media en aguas alcalinas (pH 9) es de 3 días, pero puede prolongarse a 27 días en aguas neutras (pH 7) y por más de 300 días en aguas medianamente ácidas (pH 5). Es altamente móvil en los suelos y no se acumula en ellos, aún después de aplicaciones repetidas. Es susceptible a la fotólisis directa en suelo y agua, pero en este último medio suele ser lenta (vida media de 87 días). La unión a sólidos suspendidos y sedimentos, así como la volatilización no constituyen destinos ambientales importantes para este plaguicida. Debido a su baja

persistencia, su potencial de bioconcentración es bajo. Las plantas pueden absorber este compuesto a través de sus raíces y hojas.

- **Fulgor. Ingrediente Activo:** Benfuracarb

Modo de Acción: Insecticida sistémico de grupo de los carbamatos para el control de Sinfílidos, Thrips y Afidos. Actúa por Contacto e Ingestión Afecta el sistema nervioso inhibiendo la acetilcolinesterasa.

Ecotoxicidad: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Benfuracarb en el suelo, pierde su cadena aminosulfenil pasando gradualmente a 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metilcarbamato, que también posee actividad insecticida y que es más soluble en agua.

4.8.3 Herbicidas. Plaguicidas utilizados en agricultura para eliminar plantas indeseables

- **Fusilade. Ingrediente Activo**: Fluazifop-p-butil.

Modo de Acción: Recomendado como herbicida selectivo sistémico post-emergente para el control de malezas gramíneas en los cultivos de algodón, soya, ajo, zanahoria, cebolla de bulbo, papa y café.

Persistencia: Poco persistente (hasta 16 semanas).

Es poco persistente en suelos húmedos con una vida media menor a una semana. Este plaguicida se degrada fácilmente en los sistemas terrestres, formando ácido de Fluazifop que también es poco persistente. Ambos compuestos muestran una movilidad baja en los suelos y no representan un riesgo considerable de contaminación para las aguas subterráneas. En el agua el Fluazifop-p-butil se hidroliza fácilmente al ácido de Fluazifop. Es relativamente estable a la degradación por luz UV y luz solar y no es volátil. En las plantas se acumula en las regiones de crecimiento continuo como raíces y brotes.

- **Finale. Ingrediente Activo:** Glufosinato de Amonio

Modo de Acción: Herbicida postemergente para el control de malezas anuales y perennes. Herbicida de contacto de amplio espectro. Interviene en la formación de estructuras respiratorias del embrión.

Persistencia: Ligeramente persistente (3 a 20 días).

En el suelo tiene una movilidad baja a alta y la degradación microbiana es su principal mecanismo de eliminación, generando al Ácido 3-metilfosfinil propiónico, Ácido 2-metilfosfinil acético y bióxido de carbono como productos de degradación. Su vida media en suelo varía de 3 a 11 días. En el agua la volatilización, hidrólisis y fotólisis no son destinos ambientales importantes para este plaguicida. El

Glufosinato de amonio tiene un bajo potencial bajo bioconcentración en los organismos acuáticos.

- **Glifosato -Látigo – Rocket. Ingrediente Activo**: Glifosato

Modo de Acción: Glifosato es un herbicida no selectivo, de aplicación post-emergente y de acción sistémica, recomendado para el control de la mayoría de las malezas anuales y perennes.

Persistencia: Ligeramente persistente (14 a 22 días).

Se adsorbe fuertemente a los suelos, en los cuales permanece en las capas superiores debido a su bajo potencial de lixiviación. Asimismo, se biodegrada de forma fácil y completa en este medio, mostrando una vida media de aproximadamente 60 días. En el follaje de las plantas y en la hojarasca su persistencia es un poco menor. En los cuerpos de agua se disipa rápidamente debido a su adsorción y posible biodegradación. El sedimento es el principal sitio de almacenamiento de este plaguicida. En él se incrementan los niveles de Glifosato tras su aplicación y después declinan significativamente en pocos meses. No se bioconcentra en los organismos acuáticos ni se biomagnifica a lo largo de la cadena trófica.

El glifosato tiene una actividad biológica de corta duración en suelos y agua, no se

biomagnifica ni se mueve a lo largo de la cadena alimenticia, y no se filtra a las aguas subterráneas desde el suelo.

- **Paraquat. Ingrediente Activo**: Paraquat

Modo de Acción: Es un herbicida no selectivo de aplicación post-emergente y que actúa por contacto sobre las partes verdes de las plantas.

Persistencia: Altamente persistente (hasta 3 años)

Muestra una elevada afinidad por los suelos, uniéndose rápida y fuertemente a las arcillas, humus y materiales orgánicos. La fracción adsorbida pierde su actividad biocida y permanece prácticamente inmóvil de forma indefinida en la mayoría de los suelos, por ello este plaguicida no representa un riesgo de contaminación para las aguas subterráneas.

- **Sencor. Ingrediente Activo**: Metribuzin

Mecanismo de Acción: Es un herbicida sistémico, que se absorbe a través de las raíces y el follaje de las malezas, y puede ser aplicado tanto en pre-emergencia como en post-emergencia de las malezas.

Persistencia: Poco persistente (3 meses)

Es moderadamente persistente en los suelos, su vida media varía de 30 a120 días con un valor representativo de 60 días aproximadamente. Su persistencia en los sistemas terrestres está determinada por el tipo de suelo y las condiciones climáticas. Muestra una baja afinidad por las partículas; que aunada a su alta solubilidad en agua, favorece su movilidad y aumenta sus posibilidades de lixiviación en muchos tipos de suelo. Su movilidad depende de las condiciones específicas de casa sitio, incluyendo: el contenido de materia orgánica, la textura y la porosidad del suelo, el régimen de lluvias en la zona y la tasa de aplicación del plaguicida. La biodegradación (aerobia y anaerobia) es el principal mecanismo de eliminación de este compuesto. En los cuerpos de agua permanece más en la columna de agua que en los sedimentos, debido a su baja afinidad por las partículas y a su elevada hidrosolubilidad. Su vida media en agua dulce (estanque) es de 7 días. No se espera que se bioconcentre en organismos acuáticos. Puede ser adsorbido por las hojas de las plantas, sin embargo su principal ruta de ingreso son las raíces.

- **Afalon. Ingrediente Activo**: Linuron

Modo de Acción. Herbicida selectivo para el control de malezas anuales. Pre-emergente temprano. Absorción radicular y contacto.

Persistencia: Poco persistente (12 semanas)

Es moderadamente persistente en diferentes tipos de suelos, con una vida media entre 22 y 150 días y un valor típico de 60 días. Muestra una afinidad moderada por las partículas y una movilidad baja en los suelos; sin embargo, debido a su solubilidad en agua puede contaminar los acuíferos. La fotólisis y la biodegradación son sus principales mecanismos de eliminación en los suelos y cuerpos de agua. Su tasa de degradación biológica en los sistemas terrestres se incrementa al aumentar el contenido de humedad y la temperatura. En el agua su vida media varía de 7.2 días a 10 semanas y puede unirse a los sólidos suspendidos y sedimentos. Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo a moderado. En condiciones ambientales este compuesto no sufre hidrólisis, ni se volatiliza de suelos húmedos y cuerpos de agua. Las plantas tienen la capacidad de absorber este compuesto a través de sus raíces y en menor proporción a través de sus hojas. La velocidad con que es absorbido, translocado y metabolizado por las plantas varía entre diferentes especies.

4.8.4 Fungicidas. Los fungicidas son sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento o para matar los hongos perjudiciales para las plantas

- **Oxicloruro De Cobre. Ingrediente activo:** Oxicloruro de Cobre

Modo de acción: Oxicloruro de Cobre, es un compuesto inorgánico, fungicida de acción protectante de amplio espectro.

Persistente: Poco persistente

Se degrada rápidamente en suelo y agua por vía microbiana. DT50 12 días a pH 10. Moderada movilidad en suelos. Posee un bajo potencial de bioacumulacion. Comportamiento sobre el medio ambiente: Se degrada rápidamente en suelo y agua por vía microbiana.

-. Posible impacto sobre el ambiente: El producto se degrada por acción microbiana a CO2. El compuesto presenta moderada movilidad en suelos, por lo cual existe riesgo de contaminar napas freáticas.

- .**Antracol – Invento. Ingrediente activo:** Propineb

Modo de acción: Fungicida del grupo de los Ditiocarbamato. De contacto

Información ambiental: El Propineb tiene alto potencial de lixiviación y es altamente tóxico a peces y organismos acuáticos.

En campo, el Propineb sufre una rápida degradación con vidas medias en el rango de 2-8 días. El Propineb es insoluble e inestable en el agua.

- **Benlate. Ingrediente activo:** Benomilo

En el suelo muestra una baja movilidad y no se volatiliza. Tanto en los sistemas terrestres como en los cuerpos de agua no se espera que sea biodegradado, ya que se hidroliza rápidamente para formar metil 2-bencimidazol carbamato y butil

isocianato. En aguas ácidas y neutras puede ser además transformado a Carbendazima en unas pocas horas. La vida media de la Carbendazima es de 2 meses. El Benomilo se puede unir a los sólidos suspendidos y sedimentos presentes en los sistemas acuáticos, pero no se espera que volatilice en este medio. Este compuesto presenta un potencial bajo de bioconcentración en organismos acuáticos.

Ridomil. Ingrediente activo: Metalaxil, Mancozeb y Matalaxil

En el suelo es muy persistente y tiene una vida media de 7 a 170 días. En este medio se une débilmente a las partículas y por ello muestra una movilidad que varía de moderada a muy alta. En el agua se solubiliza fácilmente y no se espera que se adsorba a los sólidos suspendidos y sedimentos; sin embargo, persiste por un tiempo relativamente largo (vida media mayor a 4 semanas). Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo.

- **Mancozeb.**

Persistencia: Ligeramente persistente (Vida media de 1 a 7 días)

En el suelo presenta una baja movilidad y una baja persistencia (vida media de 1 a 7 días). El Mancozeb se degrada en el agua con una vida media de 1 a 2 días en condiciones ligeramente ácidas o ligeramente básicas. Su potencial de bioconcentración en los organismos acuáticos es bajo.

- **Dithan. Ingrediente activo:** Mancozeb

Modo de acción: Es un fungicida orgánico de contacto con acción protectante.

Persistencia: Ligeramente persistente (Vida media de 1 a 7 días)

En el suelo presenta una baja movilidad y una baja persistencia (vida media de 1 a 7 días). El Mancozeb se degrada en el agua con una vida media de 1 a 2 días en condiciones ligeramente ácidas o ligeramente básicas. Su potencial de bioconcentración en los organismos acuáticos es bajo.

- **Score. Ingrediente activo:** Difenoconazol

Modo de acción: Fungicida del grupo de los triazoles Sistémico/translaminar Acción protectante y curativa

Persistencia Poco persistente

- **Derosal. Ingrediente activo:** Carbendazin

Modo de acción: Fungicida que pertenece al grupo de las Benzimidazoles, es de

amplio espectro es sistémico preventivo y curativo.

Persistencia: Poco persistente.

En el suelo presenta una movilidad moderada y prácticamente no se volatiliza. En este medio es biodegradado lentamente bajo condiciones normales; sin embargo, su degradación biológica puede incrementarse en suelos pre tratados. En los cuerpos de agua tampoco se volatiliza y muestra una baja afinidad por los sólidos suspendidos y sedimentos. El Carbendazim presenta un potencial de bioconcentración bajo en organismos acuáticos

- **Scala. Ingrediente activo:** Pyrimethanil

Modo de Acción: Fungicida del grupo pirimidinas. Contacto – translaminar

Persistencia: Persistencia/degradabilidad: No es rápidamente degradable. Bio-acumulación: No tiene potencial de Bio-acumulación. Comportamiento/impacto sobre el medio ambiente: No presenta riesgos si se siguen las medidas de seguridad y recomendaciones de uso.

- **Teldor. Ingrediente activo:** Fenhexamid

Modo de acción: Fungicida del grupo Hidroxyanilides. Es sistémico y contacto

Persistencia: Persistencia / Degradabilidad: En solución acuosa se produce una descomposición lenta que se acelera en presencia de álcalis y por la luz solar. En el suelo se descompone rápidamente. Bio-acumulación: Baja acumulación.

Efectos sobre el ambiente: Tóxico en peces y fauna acuática

4.9 MATRIZ DE IMPACTO (Leopold)

En esta matriz de impacto ambiental se pueden identificar las actividades más contaminantes y sus respectivos impactos ambientales generados a partir de la relación existente entre actividades contaminantes Vs medio. Ver Matriz de Impacto en Anexo F

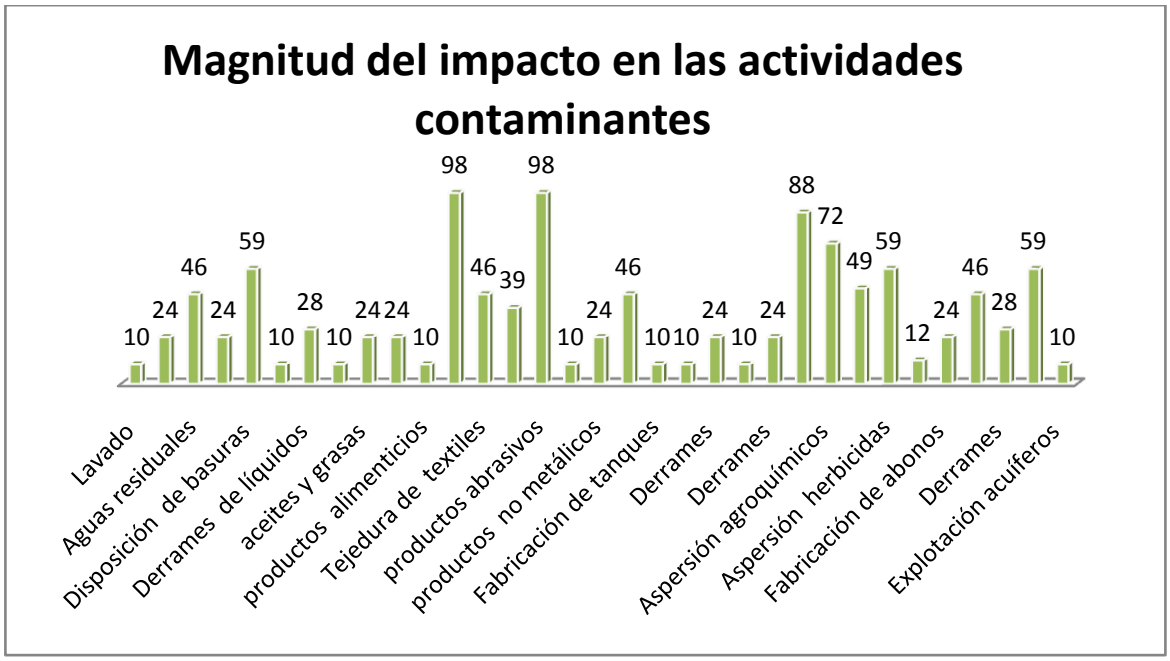
En el Municipio de Mosquera las actividades más contaminantes fueron identificadas en el componente suelo en expansión, subcomponente uso industrial, y la actividad Preparación e hilatura de fibras textiles junto con la Fabricación de productos abrasivos.

El medio más afectado fue identificado como el medio físico, el subcomponente suelo, junto al agua subterránea.

4.9.1 ANÁLISIS

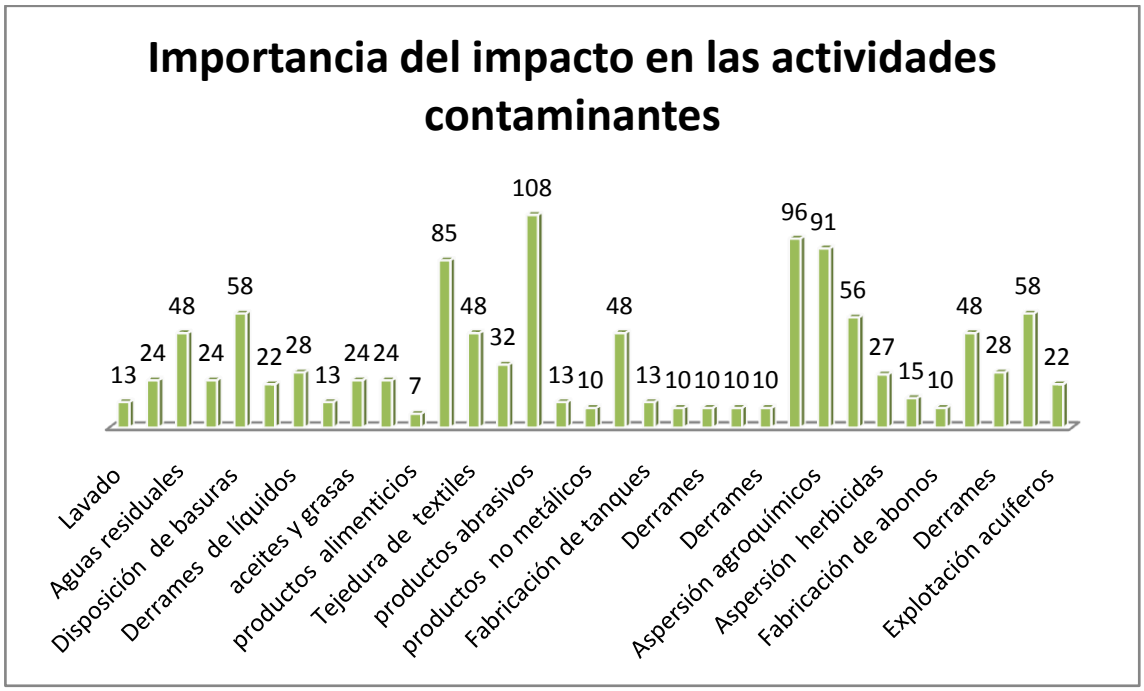
- **Actividades contaminantes.**

Grafica 7. Magnitud del impacto en las actividades contaminantes



Cada columna representa la importancia total contra la actividad generadora de contaminación, De esta manera podemos referenciar las actividades más contaminantes, para esta matriz las actividades más contaminantes son la Fabricación de productos abrasivos con una importancia de impacto de 108 la Aspersión herbicidas y de Aspersión agroquímicos que tiene una magnitud de 91 y 98 respectivamente.

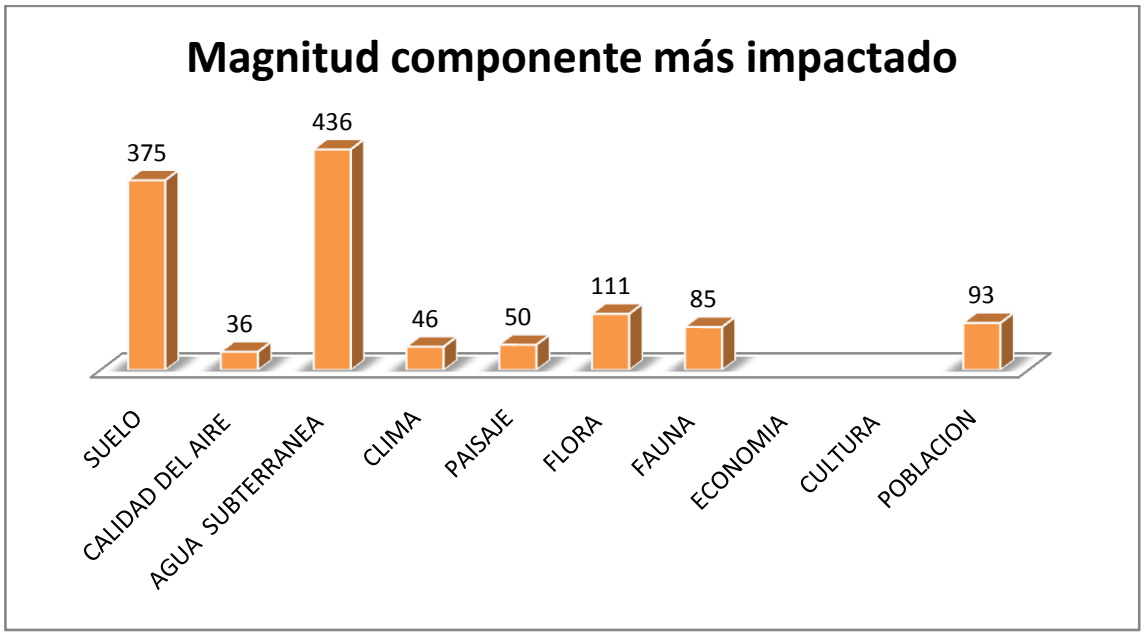
Gráfica 8. Importancia del impacto en las actividades contaminantes



- **Componente más impactado por actividades contaminantes.**

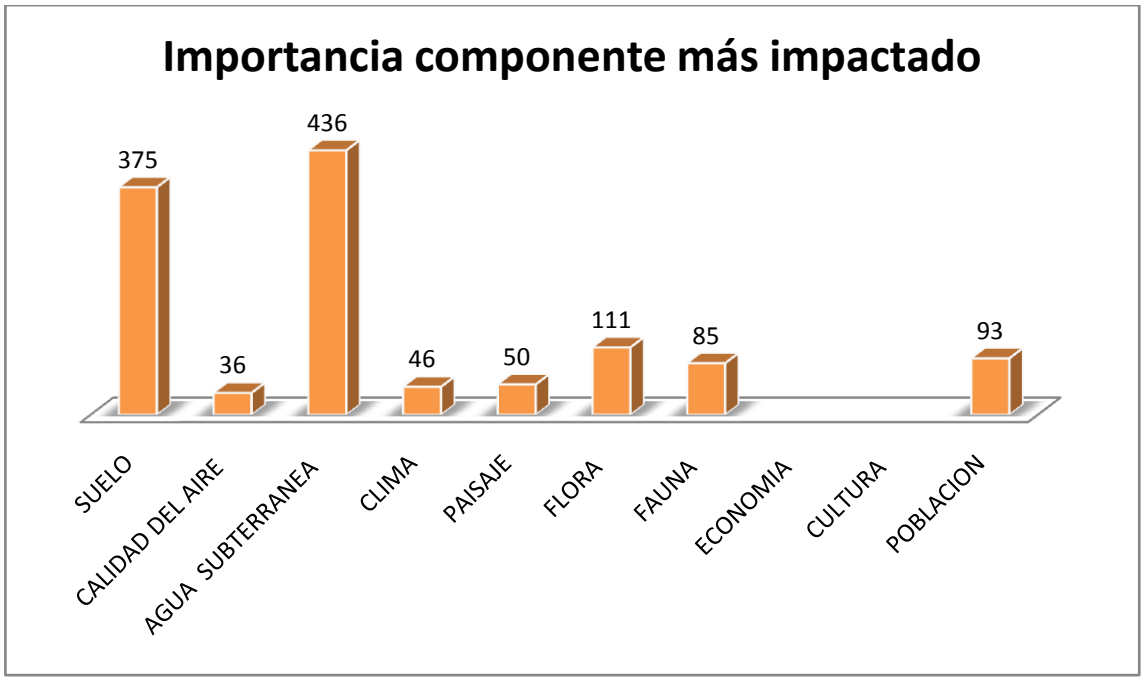
Cada columna representa magnitud total contra el componente más impactado generado por la contaminación de las diferentes actividades. De esta manera podemos referenciar la componente más susceptible a ser más contaminada y su resultado en el parámetro a desarrollar. Para esta matriz el medio más susceptible a ser contaminado es el medio físico, la subcomponente aguas subterráneas con una magnitud de 436 seguido por el componente suelo con un valor de 375.

Gráfica 9. Magnitud componente más impactado



Cada columna representa la importancia contra el componente más impactado generado por la contaminación de las diferentes actividades , De esta manera podemos referenciar la componente más susceptible a ser más contaminada y su resultado en el parámetro a tener en cuenta para un posible acción , para esta matriz el medio más susceptible a ser contaminado es el medio físico , la subcomponente aguas subterráneas con una importancia de 436 , seguido por el componente suelo con un valor de 375.

Gráfica 10. Importancia componente más impactado



4.10 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

En la actualidad la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) se encuentra llevando a cabo un proceso de legalización de los pozos presentes en su jurisdicción. Para la CAR es claro que existe un gran número de pozos que no cuentan con el debido permiso para su funcionamiento y que para tener un panorama mucho más claro del estado actual de las aguas subterráneas es necesario tener una base de datos que abarque casi que la totalidad de los puntos de agua presentes en dicha zona.

En el 2008 la CAR realizó un muestreo para hacer una serie de ensayos en diferentes puntos de la Sabana. Con base en el reporte de resultados de dicho

muestreo se podría afirmar que para la CAR hasta el momento en que se tomaron estas muestras tan solo existían 4 pozos que se podrían considerar como legales en el municipio de Mosquera. No fue posible establecer el número de pozos que se encuentran en el proceso de legalización, ni establecer el estado en que se encuentran algunos pozos de los cuales se tiene total certeza de su existencia, como lo son el que pertenece a la fabrica Solla y el que tiene a su cargo la empresa de acueducto Hydros de Mosquera.

4.11 DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Como se mencionó al comienzo del presente trabajo, el objeto es determinar la contaminación de los acuíferos que pertenecen al municipio de Mosquera. Este objeto se enfoca principalmente en determinar si el agua que se extrae del subsuelo es apta o no para el consumo humano. Para ello se citaron los resultados de los análisis que se mencionaron anteriormente, y posteriormente dichos resultados se compararon con los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007, en la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

En la tabla # 6 se encuentra la información básica de cada uno de los 5 puntos de donde se obtuvieron las muestras para realizar las diferentes pruebas de laboratorio.

Tabla 6. Información general de los puntos de monitoreo

SUBCUENCA	COORDENADAS		NOMBRE	TIPO	UNIDAD	ACUÍFERO
	(ESTE)	(NORTE)				
BALSILLAS	979777	1009572	LOS PUENTES	POZO	Kglt	K
FONTIBÓN	983006	1016082	FLOR AMÉRICA	POZO	Qta-Qtt	Q
	975973	1011532	HDA LA HERRERA	POZO	Qta	
FONTIBÓN	981713	1014032	PONQUÉ RAMO	POZO	Kglt	K
BALSILLAS	983480	1012100	ACUEDUCTO No1	POZO	Qtt	Q

Ver reporte de resultados de ensayos de laboratorio (CAR), Anexo H, y resultados de los ensayos hechos por el acueducto (Hydros de Mosquera), Anexo I.

4.11.1 Análisis de los Resultados de Laboratorio

Las tablas que se presentan a continuación contienen los resultados de los ensayos hechos a las diferentes muestras. En la Tabla 7 se consignaron los resultados de los pozos a los que se le tomaron muestras en el 2008. Mientras que en las tablas 8, 9 y 10 se encuentran los resultados de laboratorios que fueron practicados en el 2003 y en el 2008 a los pozos de Flor América, Ponqué Ramo y Los Puentes.

Los resultados de los ensayos practicados se compararon con los parámetros establecidos en la norma 2115, lo que permite establecer de manera directa si el agua extraída de dichos pozos es apta para consumo humano o no.

Es prudente aclarar que se tomaron los resultados de estos ensayos, tanto los realizados por el laboratorio de la CAR, como los realizados en el laboratorio del acueducto de Mosquera, primero, porque se puede considerar que son recientes, y segundo, porque los laboratorios cuentan con las certificaciones respectivas de calidad, lo que hace que sus resultados sean de total confianza

4.11.1.1 Características físicas

- **Color.** El color y la turbidez del agua determinan la profundidad a la cual la luz es trasmitida, el verdadero color sólo puede ser medido en muestras después de la filtración o centrifugación. El color aparente es causado por partículas coloreadas y la refracción y reflexión de la luz sobre las partículas suspendidas. Las aguas contaminadas pueden tener un color aparente intenso.

El valor máximo permisible de color en el agua según la noma es de 15 UPC (unidades de Platino Cobalto), este debe ser el valor que presenta el agua en el momento de su recolección, sin haber pasado por un filtro. Los pozos del Acueducto y Flor América presentan valores muy elevados con respecto al valor máximo permitido por la norma, en especial el pozo del Acueducto.

El agua recibe varios tratamientos para eliminar los microorganismos y sustancias

químicas dañinas, que causan serias enfermedades en los seres humanos, evitar que tenga color, olor y sabor desagradables, disminuir el efecto corrosivo que daría los utensilios de cocina, bloquea las tuberías y hace que las cañerías se dañen rápidamente.

- **Conductividad.** La conductividad o conductancia específica, es una medida de la habilidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Esta es sensible a la variación de sólidos disueltos especialmente las sales minerales disueltas. Se expresa en micro siemens por centímetro (µS cm-1); la conductividad puede ser medida para establecer una zona de contaminación alrededor de la descarga de un efluente, y observar la extensión de la influencia de las aguas de escorrentía. Este parámetro se mide in situ utilizando un conductímetro y los valores pueden ser registrados en forma continua

En este parámetro los 5 pozos analizados, cumplen con los valores máximos permisibles**.**

- **PH.** El pH es una variable importante de la variación en la calidad del agua y está influenciado por los procesos biológicos y químicos dentro del cuerpo de agua y todos los procesos asociados con el suministro y tratamiento de aguas.

El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0. En este parámetro 4 de los 5 pozos analizados no cumplen; pozo Ponqué Ramo, Los Puentea, Flor América y

Hacienda la Herrera, presentan valores de PH menores que los establecidos por la norma. Estos PH con valores menores que la norma nos indican que el agua es muy acida, en especial en el Pozo de la Hacienda La herrera y Los puentes.

4.11.1.2 Características químicas

- **Dureza total.** La dureza de las aguas naturales depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, la dureza mide la capacidad que tiene el agua para consumir jabón o producir incrustaciones. El valor máximo permitido es de 300 mg/l para dureza total según la norma, en este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

- **Alcalinidad.** La alcalinidad de una muestra de agua es su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, ($H3O^{+}$), hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en de solución, y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. La alcalinidad, entendida como la concentración de metales alcalinotérreos tiene importancia en la determinación de la calidad del agua para riego y es además, un factor importante en la interpretación y el control de los procesos de purificación de aguas residuales.

De los 5 pozos analizados, los pozos del Acueducto, Ponqué Ramo y Flor América exceden en este parámetro el valor máximo establecido en la norma, que es de 200 mg/l. El exceso de alcalinidad tiene consecuencias económicas e indirectas sobre la salud.

- **Hierro Total (Fe).** La norma 2115 de 2007 permite hasta un máximo de 0.3 mg/L de hierro presente en el agua. De acuerdo a los analisis el total de pozos presenta valores que exceden los permitidos por lo tanto, no es apta para consumo humano. El hierro en cantidades superiores a los recomendados tiene consecuencias indirectas para la salud humana, y se convierte en una amenaza para la salud ya que este se acumula en el hígado y produce su agrandamiento y luego puede afectar otros órganos. En la turbidez del agua pueden encontrarse virus, parásitos y algunas bacterias que pueden provocar síntomas tales como náuseas, retortijones, diarrea y dolores de cabeza. Además La presencia de hierro y manganeso, común en las fuentes subterráneas de agua, puede ocasionar problemas estéticos y operativos en los sistemas de abastecimiento de agua, como el desgaste y la contaminación de redes y tuberías. Este puede ser removido por procesos como Oxidación/Filtración o el Intercambio de Iones.

Cationes

- **Magnesio (Mg).** El magnesio junto con el calcio contribuye a la dureza del agua procede principalmente de la meteorización de las rocas que contienen minerales de ferro magnesio y carbonatos. El magnesio también se presenta como un compuesto órgano-metálico puesto que es un elemento esencial para los organismos vivos. La concentración natural del magnesio en las aguas puede llegar a más de 100 mg/l, dependiendo del tipo de roca. El magnesio tiene propiedades laxantes y da sabor amargo al agua de bebida si hay algunos centenares de ppm. El valor máximo permitido es de 36 mg/l para magnesio según la norma, en este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

- **Calcio (Ca).** El calcio está presente en todas las aguas como Ca_2+ y se disuelve fácilmente a partir de las rocas y minerales que lo contienen, especialmente calizas y yeso; el primero como carbonato y el segundo como sulfato. El catión es abundante en las aguas superficiales y subterráneas. Las sales de calcio conjuntamente con las de magnesio son las responsables de la dureza del agua. Las aguas industriales y las procedentes de tratamientos de aguas contribuyen al incremento de calcio en las aguas superficiales. La lluvia ácida puede incrementar el lixiviado del calcio a partir de los suelos.

El valor máximo permitido es de 60 mg/l para magnesio según la norma 2115 de 2007, bajo estas recomendaciones todos los pozos son aptos.

- **Manganeso (Mn).** El manganeso tiene un comportamiento similar al Fe. Se presenta en concentraciones por lo general por debajo de 0.2 ppm y rara vez por encima de 1 ppm. Es más abundante en aguas ácidas y al oxidarse forma manchas negruzcas y favorece el crecimiento de ciertas bacterias.

L a norma permite hasta un 0.1 mg/l, en este sentido el agua extraída de tres pozos, Los Puentes, Flor América, y Hacienda La Herrera no cumplen con este parámetro. Al igual que el hierro (Fe total) este puede ser removido por procesos como Oxidación/Filtración o el Intercambio de Iones.

Aniones

- **Cloruros (Cl).** Este componente entra a las aguas superficiales a través de la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos, a partir de la meteorización de las rocas sedimentarias (la mayor parte de ellas son depósitos de sal), los efluentes industriales y aguas domésticas y la escorrentía de las zonas agrícolas. La conservación de las carreteras por aplicación de sal durante los períodos de invierno contribuye significativamente al incremento de los cloruros en las aguas subterráneas. Concentraciones elevadas de cloruros hacen las aguas inservibles para el uso doméstico. El valor máximo permitido es de 250 mg/l para cloruros según la norma, en este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

- **Sulfatos (SO_4).** Provienen de la deposición atmosférica y del lavado de los compuestos azufrados minerales como el yeso y la pirita que desde las rocas sedimentarias lo incorporan a las aguas superficiales. Es la forma más estable y es fácilmente soluble en agua (a excepción de las sales de plomo, bario y estroncio). Las descargas industriales y la precipitación atmosférica pueden agregar cantidades significativas de sulfatos a las aguas superficiales. Los sulfatos pueden ser usados como una fuente de oxígeno por bacterias que los convierten en sulfuro de hidrógeno (H2S, HS-) bajo condiciones anaeróbicas.

El valor máximo permitido es de 250 mg/l para sulfatos según la norma, en este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

Nitratos (NO_3). Presenta características químicas como sales muy solubles y por lo tanto es muy difícilmente precipitable. Se encuentra en concentraciones normalmente entre 0.1 y 10 ppm pero en aguas polucionadas puede llegar a 200 ppm y en algún caso hasta 1000 ppm. El agua del mar tiene alrededor de 1 ppm o menos.

El nitrato en concentraciones elevadas en agua de bebida puede producir cianosis en los niños y comunican corrosividad (oxidaciones) al agua y producen interferencias en fermentaciones.

El valor máximo permitido es de 10 mg/l para nitratos según la norma 2115 de 2007, bajo este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

4.11.1.3 Características bacteriológicas

- **Coliformes totales.** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37ºC, produciendo ácido y gas (CO2) en un plazo de 24 a 48 horas. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

La norma permite hasta 20000 NMP/ml, pero en este caso el agua extraída del pozo Flor América no cumple con este parámetro, ya que el valor de coliformes es de 24000 y excede el valor máximo permitido por la norma

- **ESCHERICHIA COLI - E-coli:** Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. El valor máximo permitido es de 2000 NMP/ml según la norma, en este parámetro todos los pozos analizados cumplen la norma.

El agua potable debe tener escasas bacterias, el agua de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por centímetro cúbico de agua. Desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable debe de tener menos de 200 colonias bacterianas de mesofílicos aeróbicos por mililitro de muestra. Un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra. Fuentes de agua pueden ser: Los embalses, formados a partir de ríos caudalosos y los manantiales y los

pozos, que constituyen uno de los métodos más antiguos para la obtención del agua. Cuanto más profundo es el pozo, mejor calidad física y bacteriológica tiene el agua, porque conforme va atravesando las diferentes capas de suelo y del subsuelo se va eliminando las impurezas.

4.11.2 Análisis de resultados de laboratorio para muestras tomadas en el 2003 y 2008 de un mismo pozo.

En los pozos de Ponqué Ramo, Flor América y Los puentes, se encontraron resultados de laboratorios hechos en el 2003 y en el 2008, en los cuales se encontró que los resultados del 2008 han cambiado negativamente en todos los parámetros, por lo cual se deduce que si se está presentando contaminación. A continuación se explica detalladamente cada uno de los pozos.

- **Pozo Ponqué Ramo.** Según la tabla 8, se observa la variación que han tenido los resultados de los laboratorios, del 2003 al 2008.

La conductividad es el valor más considerable, ya que en el 2003 era de 554 (µs/cm), mientras que en el 2008 el valor era de13.9 (µs/cm). La alcalinidad subió de 155.9 a 248 mg/l, pasando a no cumplir con la Resolución 2115 del 2007.El valor del hierro aumento el 100 %, pasó de 0.51 a 1. Otro valor considerable es de los cloruros ya que disminuyo de 51.66 a 2.1mg/l. y por último los Coliformes totales pasaron del 2003 en 3 NMP/ml a tener un valor de 182 NMP/ml en el 2008.

- **Pozo los puentes.** Según la tabla 9, comparando los resultados del 2003 con el 2008, se observa que la conductividad en este pozo aumenta en un valor considerable, pasa de estar en 230 en el 2003 a 459; el valor de Ph disminuye de 6.3 a 5.6, la concentración del hierro aumenta más del doble, ya que en el 2003 era de 0.54 y en el 2008 de 1.23. el valor de los cloruros disminuye de 18.72 a 0.7 mg/l. el valor de los sulfatos también aumentan pasando de 5.25 a 17.1, el valor de los nitratos aumentan de 0.04 a 4, y por último los coliformes totales pasan de 1 a 1300, sin embargo sigue cumpliendo con los parámetros de potabilidad.

Pozo Flor América. En este pozo el cambio más significativo es el valor de la alcalinidad, pasa de 8.48 mg/l a 303 mg/l, el hierro disminuye en forma significativa también, ya que disminuye de 7.99 mg/l a 1.14 mg/l. Los aniones disminuyen, los sulfatos desaparecen en el 2008, y los coliformes totales aumentan de 150 a 24000 lo cual no cumple con la Resolución 2115 de 2007.

4.12 ELABORACIÓN Y RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Para determinar cuáles son las causas de la contaminación de los acuíferos, fue necesario realizar encuestas en el sector urbano y rural del municipio, en donde se analizaron las costumbres que tienen los habitantes de Mosquera, y se hizo un estudio referente al manejo de químicos que utilizan básicamente en el cultivo de hortalizas, ya que es el cultivo predominante en el municipio.

- **FORMATO ENCUESTA**

El formato de la encuesta realizada en el sector urbano lo encontramos en el anexo A.

El formato de la encuesta realizada en el sector rural lo encontramos en el anexo B.

4.12.1 Análisis Estadístico de las Encuestas Realizadas en el Sector Urbano del Municipio de Mosquera

En el sector urbano del municipio de Mosquera, la población encuestada fue de 100 personas, ubicadas en los diferentes barrios del municipio para abarcar toda el área urbana.

En la siguiente tabla se explica la cantidad de personas que se encuestaron, de esa cantidad cuantas personas respondieron a cada ítem, y el porcentaje equivalente con respecto al total de los encuestados.

Algunas de las preguntas de la encuesta, en el momento de realizarla no fueron necesarias, ya que dependían de la respuestas anteriores; como la pregunta 4, la 8, la 10.

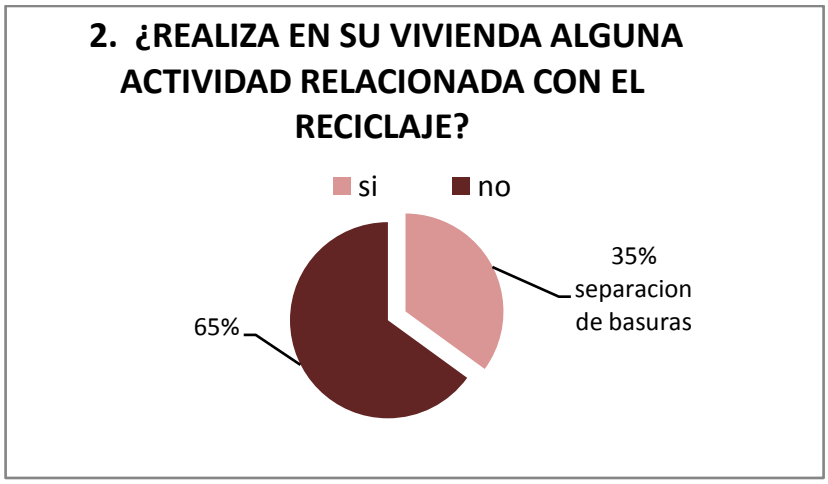
Tabla 11. Resultados encuestas sector urbano

ÍTEM	cantidad	% equivalente
Población encuestada	100	100
Pregunta 1		
Empresa de aseo	100	100
Incineración	0	0
Relleno sanitario	0	0
Entierro Individual	0	0
Otra	0	0
Pregunta 2		
Si		
Separación orgánicos, plástico y papel	35	35
No	65	65
Pregunta 3		
Si	100	100
No	0	0
Pregunta 5		
Si	100	100
No	0	0
Pregunta 6		
Si	29	29
No porque?	71	71
Mal olor	23	23
Color amarillo	37	37
Mal sabor	11	11
Pregunta 7		
Si	9	9
No	91	91
Pregunta 8		
Población encuestada	9	100
Aseo de la vivienda	7	78
Riego de plantas	1	11
Suministro para la vivienda	1	11
Consumo humano	0	0
Otro	0	0
Pregunta 9		
Si		
Ganadería	6	6
Porcicultura	0	0
Avicultura	4	4
Agricultura	5	5
No	85	85
Pregunta 10		
Población encuestada	15	100
Si	0	0
No	15	15

Grafica 11. Resultados pregunta N° 1 encuesta realizada en el sector urbano del municipio

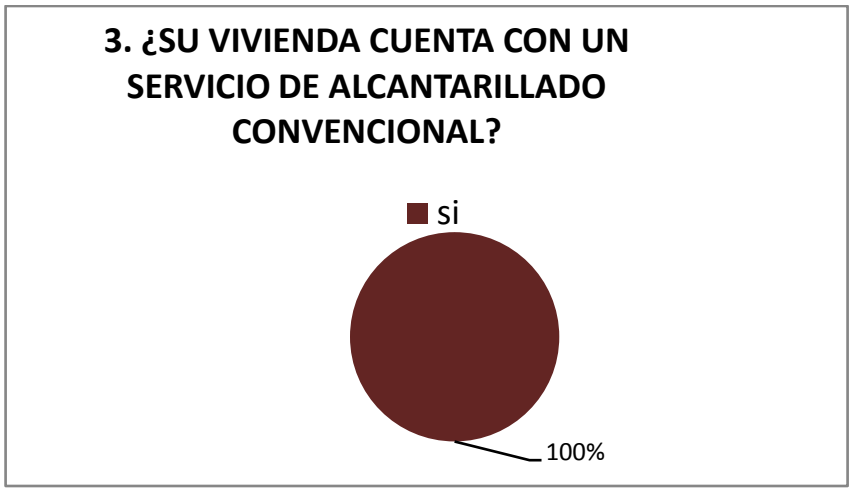
En el sector urbano los residuos sólidos son recogidos por la empresa de Aseo

Grafica 12. Resultados pregunta N° 2 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



En el municipio de Mosquera el 35% de la población urbana, esta empezando a manejar un sistema de reciclaje

Grafica 13. Resultados pregunta N° 3 encuesta realizada en el sector urbano del municipio

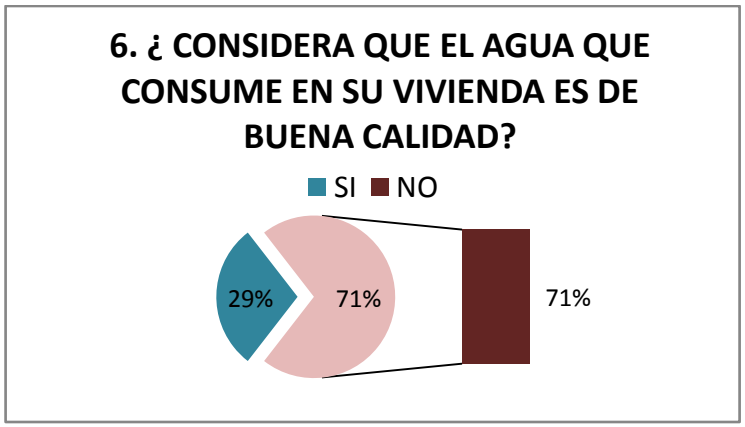


En el sector urbano del municipio el 100% cuenta con servicio de alcantarillado

Grafica 14. Resultados pregunta N° 5 encuesta realizada en el sector urbano del municipio

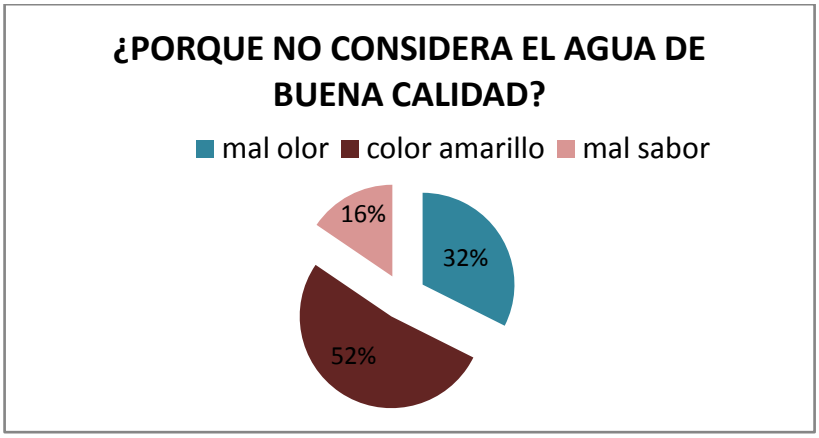
En el sector urbano del municipio el 100% cuenta con servicio de Acueducto.

Grafica 15. Resultados pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



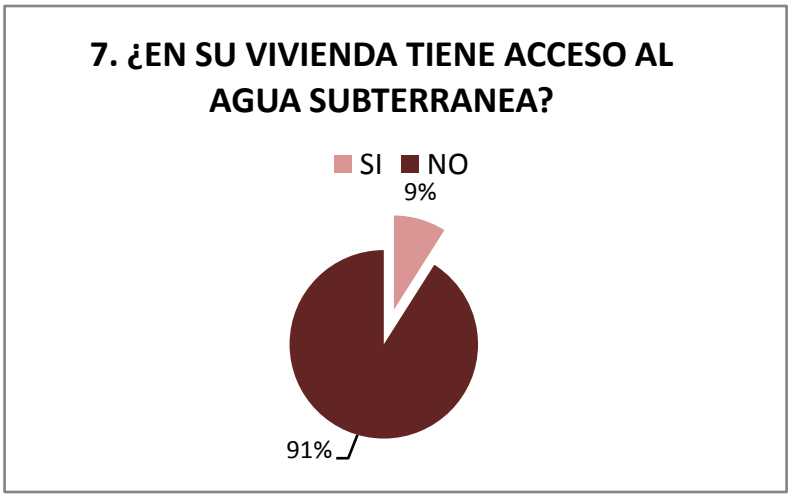
El 71% de la población encuestada en el sector urbano considera, que el agua del municipio no es de buena calidad.

Grafica 16. Resultados complemento pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector urbano del municipio

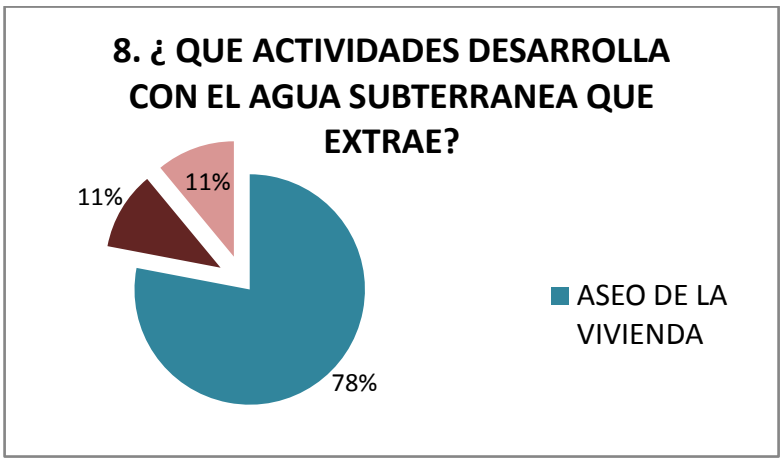


No se considera el agua de buena calidad debido según la mayoría de los encuestados al color que presenta

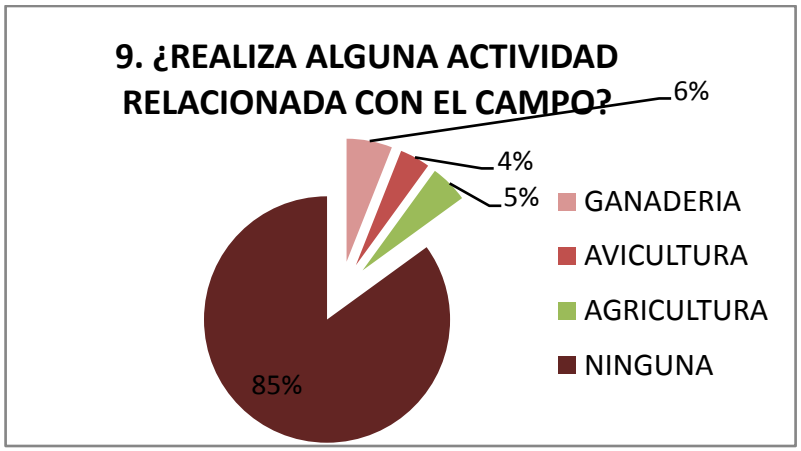
Grafica 17. Resultados pregunta N° 7 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



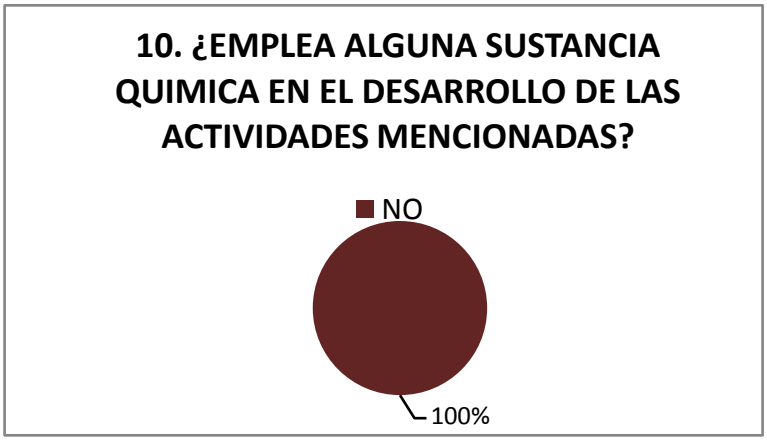
Grafica 18. Resultados pregunta N° 8 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



Grafica 19. Resultados pregunta N°9 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



Grafica 20. Resultados pregunta N° 10 encuesta realizada en el sector urbano del municipio



4.12.2 Análisis Estadístico de la Encuesta Realizada en el Sector Rural del Municipio de Mosquera

En el sector rural del municipio, la población encuestada fue de 50 personas, ubicadas en las diferentes veredas del municipio.

Como suelo rural se clasifican las veredas San Francisco, San José, San Jorge, Serrezuelita, Balsillas y Siete Trojes.

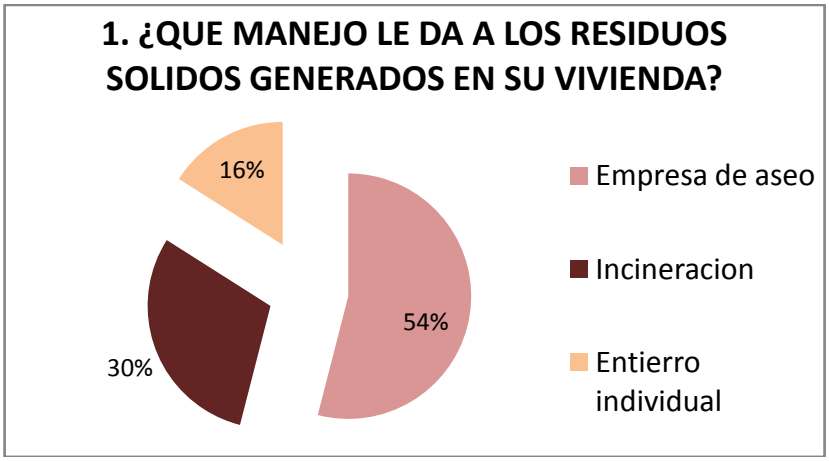
Tabla 12. Resultados encuestas sector Rural

ÍTEM	cantidad	% equivalente
Población encuestada	50	100
Pregunta 1		
Empresa de aseo	27	54
Incineración	15	30
Relleno sanitario	0	0
Entierro Individual	8	16
Otra	0	0
Pregunta 2		
Si		
Separación orgánicos, plástico y papel	5	10
No	45	90
Pregunta 3		
si	14	28
no	36	72
Pregunta 4		
Población encuestada	36	100
Letrina	0	0
Pozo séptico	30	84
Otro	6	16
Pregunta 5		
si	14	28
no	36	72
Pregunta 6		
Si	12	24

ÍTEM	cantidad	% equivalente
No porque?	38	76
Mal olor	5	10
Color amarillo	30	60
Mal sabor	15	30
Pregunta 7		
si	22	44
no	28	56
Pregunta 8		
Población encuestada	22	100
Aseo de la vivienda	15	68
Riego de plantas	5	22
Suministro para la vivienda	1	5
Consumo humano	1	5
otro	0	0
Pregunta 9		
Si		
Ganadería	5	10
Porcicultura	0	0
Avicultura	3	6
Agricultura	40	80
No	2	4
Pregunta 10		
Población encuestada	48	100
Hortalizas	44	92
maíz	2	4
Papa	2	4
Pregunta 11		
Población encuestada	48	100
Si cuales?		
Fungicidas		
Población encuestada	48	100
Lacnate	3	6
Antracol	15	31
Benlate	18	38
Ridomil	12	25
Insecticidas		
Población encuestada	48	100
Lorsban	22	46
Roxion	11	23

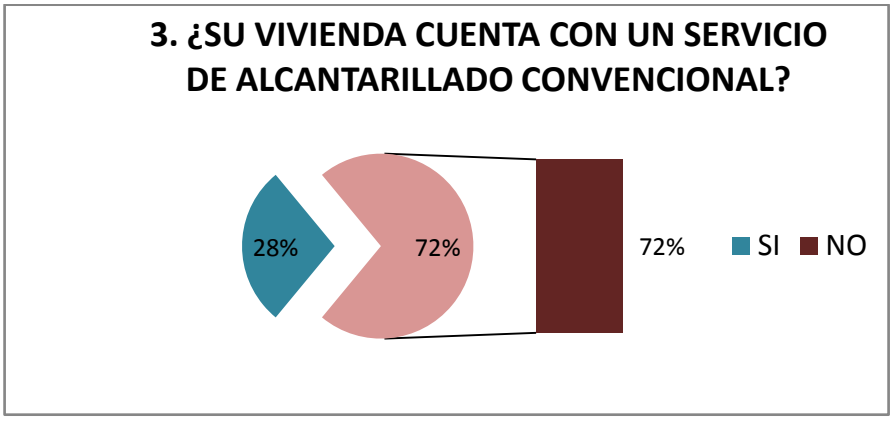
ÍTEM	cantidad	% equivalente
Látigo	7	14
Tamaron	8	17
Herbicidas		
Población encuestada	48	100
Látigo	13	27
Rocket	9	19
Randab	3	6
Fusilade	4	8
Sencor	11	23
Afalon	8	17
Fertilización		
Población encuestada	48	100
Gallinaza sin compostar	17	36
Nutrimon 151515	2	4
Nutrimon 13266	3	6
Nutrimon 103010	1	2
Urea	11	23
Todo en uno	4	8
relámpago	3	6
Cal dolomítica	5	11
Abocol	2	4

Grafica 21. Resultados pregunta N° 1 encuesta realizada en el sector Rural del municipio

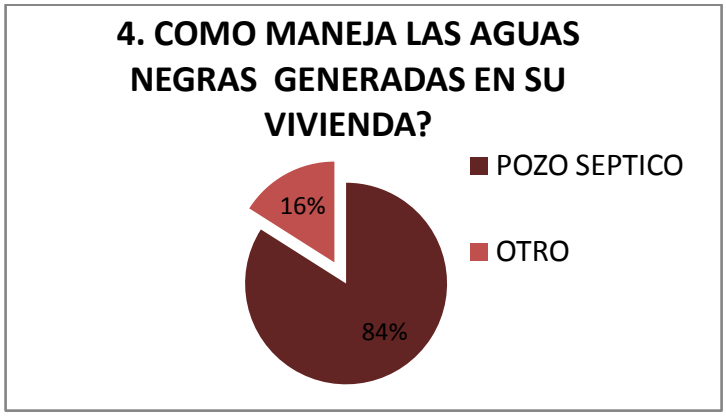


Grafica 22. Resultados pregunta N° 2 encuesta realizada en el sector Rural del municipio

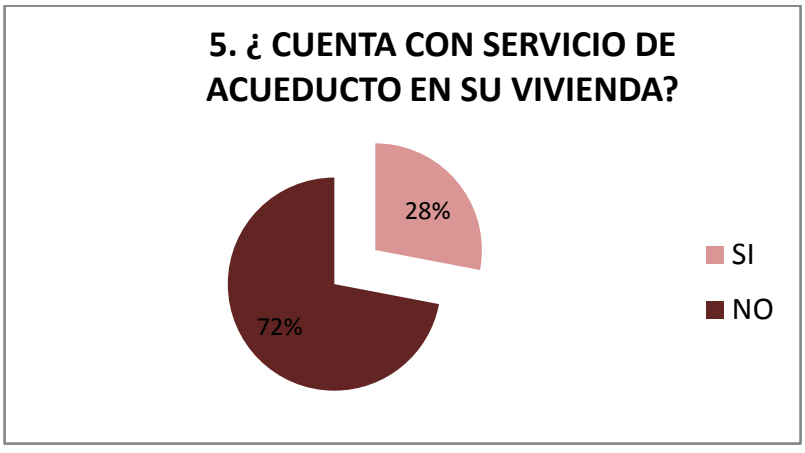
Grafica 23. Resultados pregunta N° 3 encuesta realizada en el sector Rural del municipio



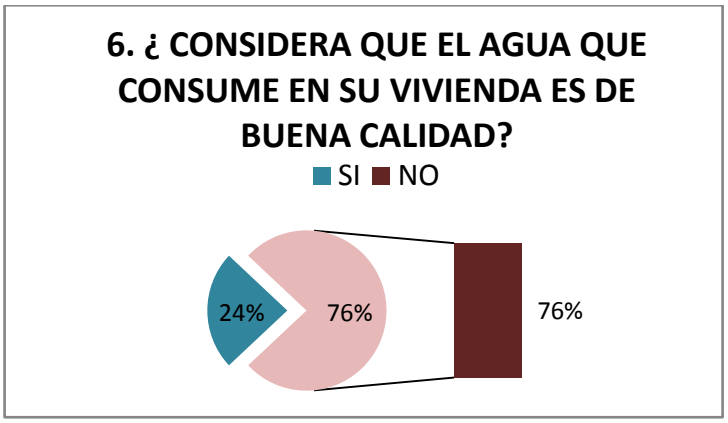
Grafica 24. Resultados pregunta N° 4 encuesta realizada en el sector Rural del municipio



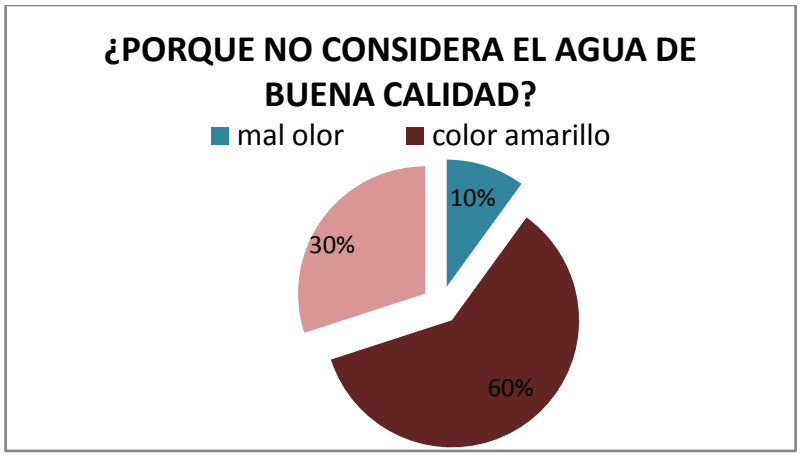
Grafica 25. Resultados pregunta N° 5 encuesta realizada en el sector Rural del municipio



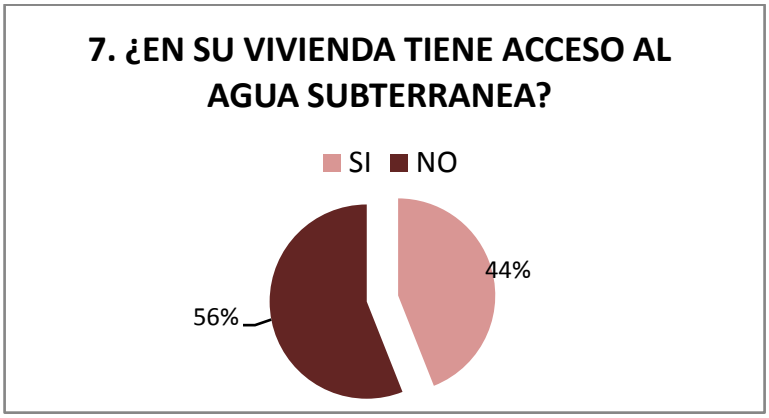
Grafica 26. Resultados pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



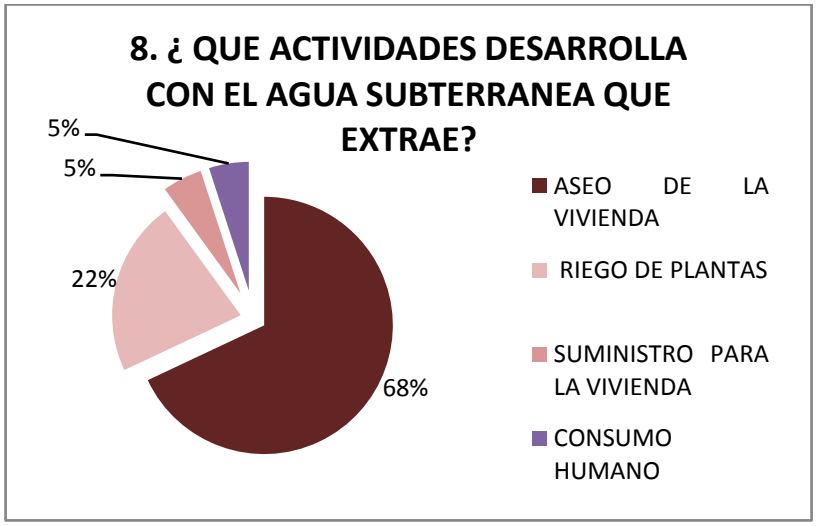
Grafica 27. Resultados complemento pregunta N° 6 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



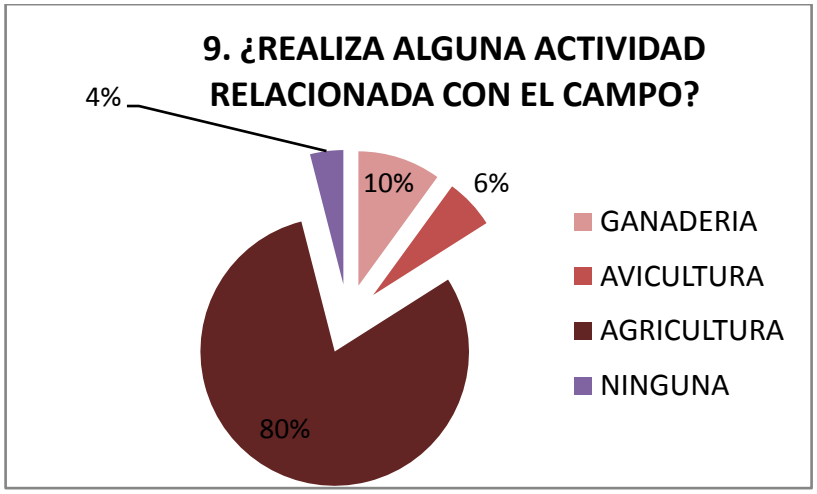
Grafica 28. Resultados pregunta N° 7 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



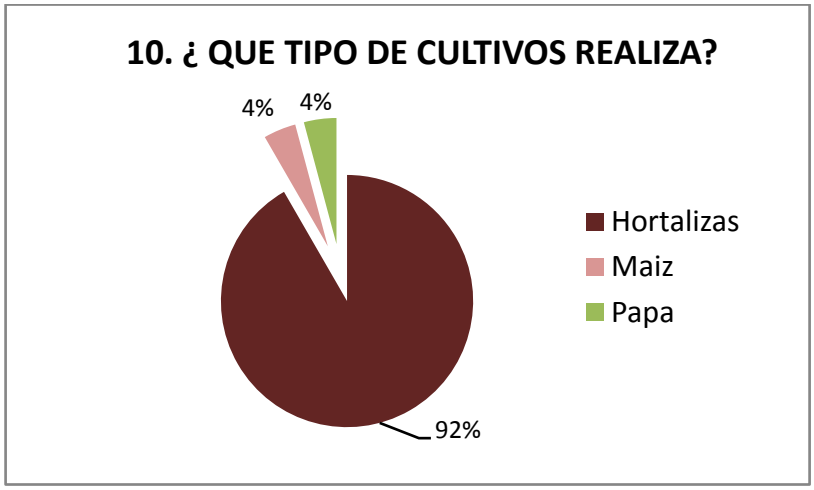
Grafica 29. Resultados pregunta N° 8 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



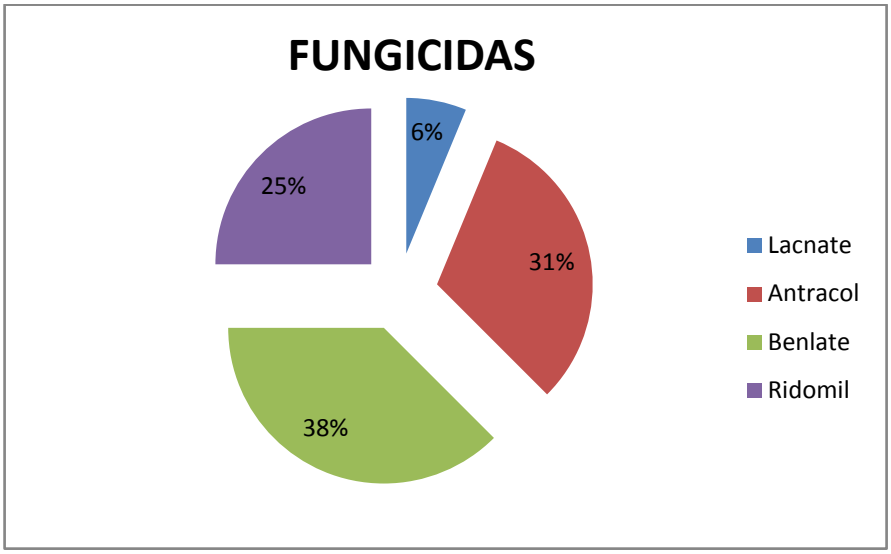
Grafica 30. Resultados pregunta N° 9 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



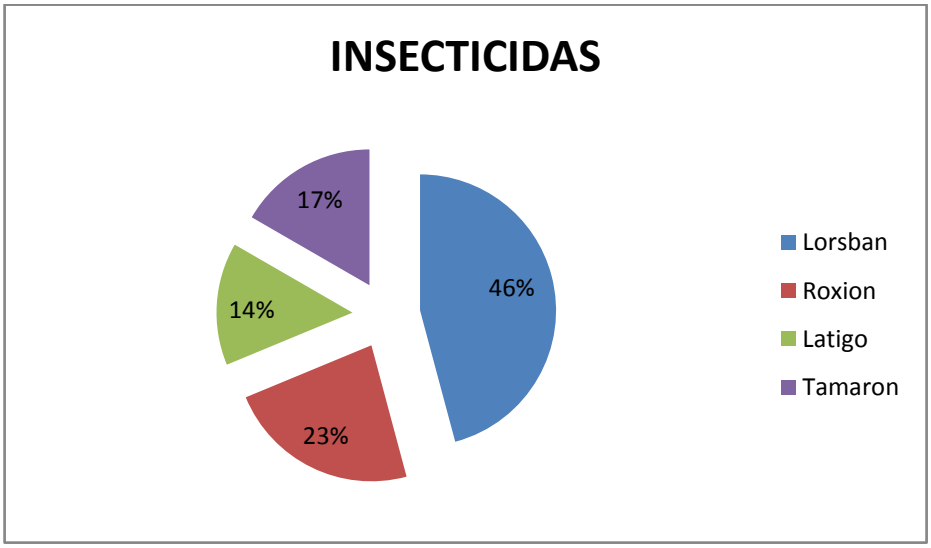
Grafica 31. Resultados pregunta N° 10 encuesta realizada en el sector Rural del Municipio



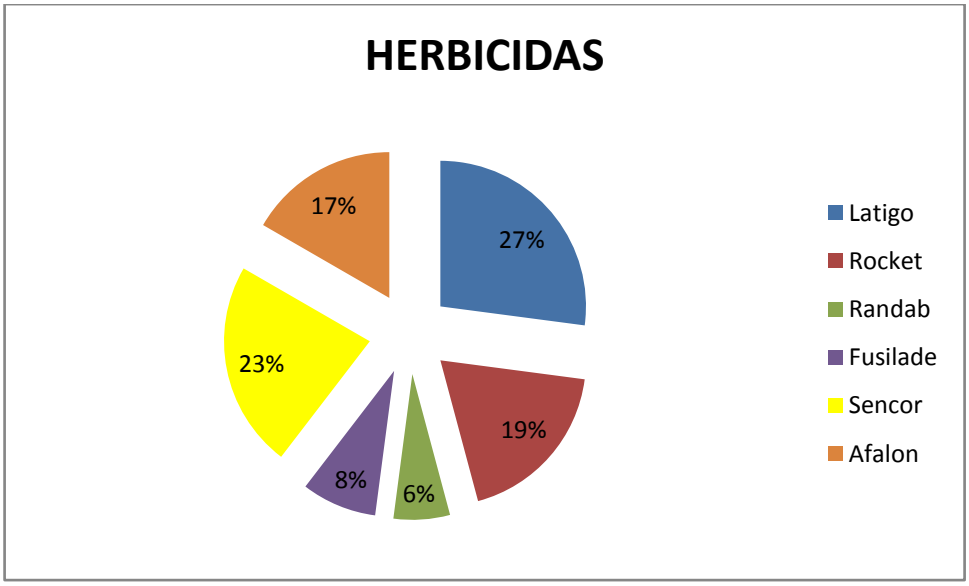
Grafica 32. % Fungicidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada



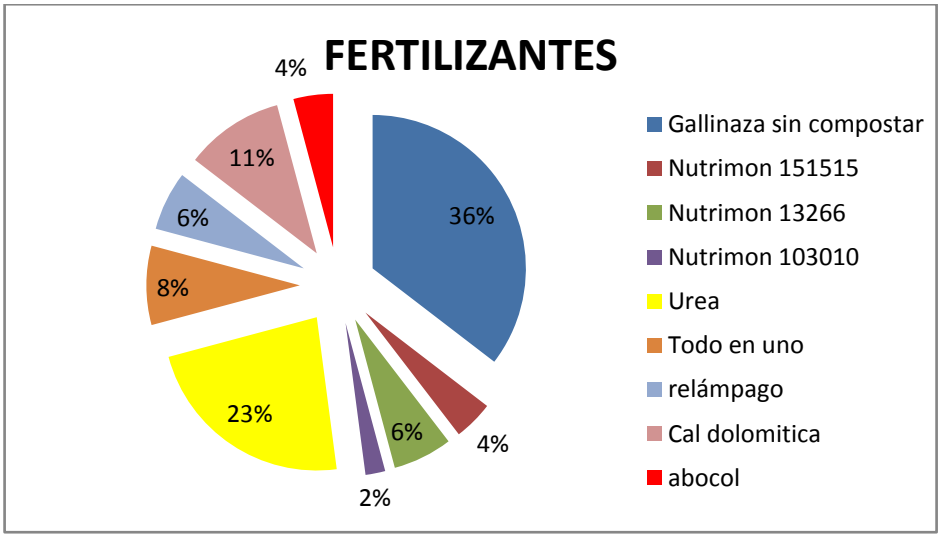
Grafica 33. % Insecticidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada



Grafica 34. % Herbicidas utilizados en el sector rural según encuesta realizada



Grafica 35. % Fertilizantes utilizados en el sector rural según encuesta realizada



5. ALCANCE Y LIMITACIÓN

5.1 ALCANCE

La presente investigación tuvo como objeto encontrar las posibles actividades que estaban contaminando el acuífero perteneciente al municipio de Mosquera. Esta evaluación se hizo analizando el área urbana y rural del municipio, visitando los lugares donde posiblemente se encontraban dichas actividades, tales como las empresas que se encuentran en el municipio, y las actividades agrícolas que predominan en el municipio como son los cultivos de hortalizas; y analizando los resultados de los laboratorios realizados en los pozos del municipio, para determinar el grado de contaminación.

Encontradas ya esas actividades contaminantes, ya que es muy difícil cambiarlas del todo; el propósito de la investigación fue dar a conocer a estas personas que realizan las actividades, la contaminación que están causando y las consecuencias que se van a ver en el futuro; concientizarlas que una vez la calidad del agua se ha deteriorado notoriamente, grandes volúmenes del acuífero estarán normalmente involucrados y las medidas de limpieza, por lo tanto, casi siempre tienen un alto costo económico y a menudo son problemáticas desde el punto de vista técnico.

La finalidad de esta investigación fue producir un documento informativo para la comunidad en el cual se dio a conocer la importancia del agua subterránea y se propusieron unos cambios de hábitos y cambios de insumos para aquellos que están contaminando el acuífero.

5.2 LIMITACIÓN

La principal limitación de esta investigación fue el dinero disponible, ya que no se no se pudieron realizar pruebas de laboratorios en todos los pozos del municipio, debido al alto costo de estos laboratorios. Dado a que estos informes de laboratorio eran muy importantes para nuestro estudio, la investigación se baso en monitoreos y pruebas de laboratorio en algunos de los pozos de Mosquera, ya existentes hechos por la CAR en el 2008 y en el 2003, y por un estudio hecho por el Acueducto de Bogotá en el 2003.

Otra limitación fueron las visitas de campo, ya que fue imposible visitar todas las fincas y predios del municipio debido al tiempo y al dinero disponible, también fue muy difícil lograr la colaboración de la gente en el desarrollo de las encuestas, ya que era de gran importancia en la investigación, y era esencial para tener éxito la total participación de los grupos interesados en la evaluación del peligro de contaminación y en la formulación de las medidas de control.

6. CONCLUSIONES

- Con base en las encuestas realizadas, se puede afirmar que en el casco urbano la totalidad de las viviendas cuentan con servicio de Acueducto y Alcantarillado, diferente a lo que sucede en el sector Rural, donde tan solo el 28% de las personas encuestadas, de un total de 50, cuenta con acueducto y alcantarillado.

- A pesar que la empresa Hydros de Mosquera le compra agua en bloque a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), es generalizado el inconformismo por parte de los usuarios respecto a la calidad del agua que consumen, ya que en su gran mayoría afirmaron que es necesario hervir el agua para poderla consumir.

- Mediante las diferentes visitas que se realizaron, especialmente en el sector rural, se pudo apreciar que un gran número de viviendas cuentan con aljibes, lo que le permite a las personas emplear esta agua en diferentes labores domesticas, como el aseo de la vivienda, el riego de matas y el uso en baños y duchas.

- En el caso de la vereda Siete Trojes se encontraron aljibes donde el agua se veía cristalina, sin embargo no se utiliza para consumo humano por que

existen antecedentes de enfermedades por este consumo. Existe un cierto interés por parte de las personas en esta vereda acerca de saber si realmente esa agua es apta o no para el consumo humano, pero por razones netamente económicas les es imposible realizar las pruebas que les permita saber con certeza si es apta o no.

- Según las encuestas aplicadas en el sector rural, y basándose en la información otorgada por funcionarios de la UMATA, se llego a la conclusión que la actividad agrícola que predomina en Mosquera es el cultivo de Hortalizas, convirtiéndose está en un de las actividades que posiblemente puedan llegar a contaminar las aguas subterráneas, debido a los insumos que utilizan para dicha labor.

- En la vereda Los Puentes, a pesar de contar con un acueducto veredal, el agua que se extrae del pozo presente en esta zona no cumple con los parámetros que la hacen apta para el consumo humano, como se puede constatar en los resultados que se presentan en este trabajo.

- Con base a los resultados obtenido en la Matriz de Impacto, se concluye que las actividades industriales, en especial la textil y la fábrica de abrasivos, presentan un riesgo potencial de afectación sobre las aguas subterráneas

- En el municipio de Mosquera se identificaron 13 puntos de vertimiento de Agua Residual Domestica e Industrial hacia cuerpos de agua como el Rio Balsillas, El Rio Bojacá, el Rio Bogotá y el canal San José y suelo, de los cuales 11 puntos vierten hacia un cuerpo de agua y 2 puntos vierten hacia el suelo.

- Las industrias pequeñas descargan contaminantes hacia el sistema de alcantarillado municipal, y por ser tan pequeñas no se justifica el diseño y construcción de una planta de tratamiento de Agua Residual, por lo tanto para disminuir las descargas de contaminantes hacia el sistema de alcantarillado, es necesario proponer buenas prácticas de producción, para una producción más limpia.

- Las unidades de pre tratamiento en los sistemas de tratamiento de Agua Residual Industrial de las grandes industrias de Mosquera, son generalmente trampagrasas.

- Las unidades de tratamiento primario en los sistemas de tratamiento de Agua Residual Industrial de las grandes industrias de Mosquera, son generalmente tanques para el proceso de coagulación- floculación y sedimentación.

- Las unidades de tratamiento secundario en los sistemas de tratamiento de Agua Residual Industrial de las grandes industrias de Mosquera, son generalmente filtros.

- Algunas industrias de Mosquera han implementado buenas prácticas de manejo de las aguas residuales generadas en sus procesos, y de acuerdo a las actividades de producción, estas aguas permiten ser tratadas y retornadas al mismo proceso que las origino, ósea se reutilizan y se aprovechan, generando buenas prácticas de producción.

- El sistema de tratamiento del agua residual derivada del proceso de lavado de vehículos en estaciones de servicios consta generalmente de rejillas-desarenadores y trampagrasas, disminuyendo así el posible impacto en las aguas subterráneas.

- Los acuíferos presentes en el municipio de Mosquera son el Cuaternario y Guadalupe principalmente, y también se encontró en menos proporción el acuífero cretáceo superior.

- Los acuíferos Cuaternarios son los acuíferos que están más expuestos a la contaminación, especialmente de productos químicos derivados de las actividades agrícolas e industriales.

- Entidades como la CAR y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tienen muy claro lo importante que puede llegar a convertirse el recurso hídrico subterráneo. Por esta razón la EAAB, dentro de sus planes de abastecimiento frente a posibles emergencias, está recurriendo a la perforación de pozos a lo largo de los Cerros Orientales de la capital, y la CAR por su parte, está en el proceso de crear una base de datos con pozos legalizados para así poder llevar un mejor control tanto de la calidad del agua que se extrae como los usos que se le dan a la misma.

- En general, las unidades geológicas a las que pertenecen los acuíferos que se encuentran en el Municipio de Mosquera, y según el método de indexación “GOD”, presentan una vulnerabilidad moderada a que dichos acuíferos resulten contaminados.

7. RECOMENDACIONES

- Presentar tanto a las pequeñas como a las medianas industrias diferentes alternativas para incursionar en las buenas prácticas de producción, como por ejemplo proponer el tratamiento y la recirculación de las aguas residuales para su aprovechamiento.

- Consolidar lo más pronto posible una base de datos que contenga la totalidad de los pozos que se encuentran en funcionamiento, tanto en el Municipio de Mosquera como en el resto de la Sabana, para así facilitar un constante y confiable monitoreo del estado de las aguas subterráneas en esta región.

- Promover, tanto en el sector público como en el privado, la investigación en todos los campos que se relacionen con el tema de las aguas subterráneas, ya que por ejemplo, para este trabajo de investigación, fue necesario consultar documentos que datan del año 1996 y 1997.

- Ejercer un mayor control, por parte de las autoridades competentes, en lo que concierne al uso del suelo. Por ejemplo, en la Vereda Siete Trojes, que es de uso agroindustrial, se presenta un crecimiento acelerado de industrias, situación que en un futuro puede llegar a representar otra posible fuente de contaminación o de explotación desmedida del recurso.

BIBLIOGRAFÍA

MARTÍNEZ ALFARO, Pedro. MARTÍNEZ SANTOS, Pedro y CASTAÑO CASTAÑO, Silvino. Fundamentos de Hidrogeología. España, 2005. 279 p.

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN. El Estudio del Desarrollo Sostenible del Agua en la Sabana de Bogotá en la República de Colombia, Informe Final, resumen de Informe, 2003.

PRIETO BOLÍVAR, Carlos Jaime. El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, danos, control y conservación. Bogotá, Ecoe Ediciones, 2004. 280 p.

PRICE, Michael. Agua Subterránea. México, Editorial Limusa, 2007. 330 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 37 p.

FOSTER, Stephen, HIRATA, Ricardo y GOMES, Daniel. Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Washington, D.C., EUA, 2002. 115 p.

INGEOMINAS. Evaluación de la Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la Sabana de Bogotá. Santafé de Bogotá, 1997. 40 p.

FOSTER, Stephen. Contaminación de las Aguas Subterráneas, Organización Mundial de la Salud – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, Lima, Perú, 1997. 54 p.