

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS
ACUÍFEROS DEL SECTOR RURAL DE LA LOCALIDAD DE USME, BOGOTÁ D.C,
CON MIRAS A LA FORMULACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS DE UN PLAN DE
GESTIÓN AMBIENTAL, CON ÉNFASIS EN EL RECURSO HÍDRICO DE LA ZONA.**

Geóloga. Adriana Cárdenas Quiroga

Biólogo Juan Manuel Solano Peña

**MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
BOGOTÁ D.C**

2007

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS
ACUÍFEROS DEL SECTOR RURAL DE LA LOCALIDAD DE USME, BOGOTÁ D.C,
CON MIRAS A LA FORMULACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS DE UN PLAN DE
GESTIÓN AMBIENTAL, CON ÉNFASIS EN EL RECURSO HÍDRICO DE LA ZONA.**

Geóloga. Adriana Cárdenas Quiroga

Biólogo Juan Manuel Solano Peña

Trabajo de Grado para optar al título de Magister en Gestión Ambiental

**Director: Biólogo Marino Alberto Ramírez Msc, Docente tiempo completo Facultad
de Estudios Ambientales y Rurales Pontificia Universidad Javeriana**

**MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
BOGOTÁ D.C**

2007

Nota de aceptación

Firma del director de maestría

Firma del jurado

Bogotá D.C, (21) (Febrero) (2008)

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Ingeominas entidad que nos suministro la información geológica e hidrogeológica necesaria para la realización de este trabajo, así como al Hospital de Usme y su Oficina de Coordinación Ambiental quienes aportaron los resultados de sus diagnósticos locales ambientales a si como los resultados de sus monitoreos de calidad de agua. Especialmente la Doctora Yolanda Munar de la oficina de estadística del hospital y el personal de la UPA Marichuela.

Igualmente nuestros agradecimientos al ingeniero Rómulo Camacho de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), a nuestro directos de Trabajo de grado el Profesor Alberto Ramírez de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Universidad Javeriana y a todos los profesores de la Facultad de Estudios Ambientales que de una u otra manera contribuyeron con el desarrollo del trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	11
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	23
4. MARCO DE REFERENCIA	25
4.1 Marco geográfico.....	25
4.1.1 Localización del área de estudio.....	25
4.1.2 Demografía.....	26
4.1.3 Historia de la localidad de Usme.....	26
4.1.4 Actividades económicas de la zona	28
4.1.5 Usme en el POT	35
4.1.6 Características físicas	41
4.1.7 Geología y estratigrafía	43
4.2 Marco Conceptual	66
4.2.1 Vulnerabilidad.....	66
4.2.2 Tipos de vulnerabilidad	70
4.2.3 La Conectividad ambiental y su aplicación en la planificación territorial	73
4.2.4 Gestión integrada de aguas subterráneas	74
4.3 Marco Antecedentes	76
5. METODOLOGÍA	86
6. RESULTADOS.....	92
6.1 Caracterización de las actividades antrópicas potencialmente contaminantes	94
6.2 Resultados de los muestreos fisicoquímicos	96
6.2 Resultados analíticos para agua realizados por el Hospital de Usme	102
6.3 Vulnerabilidad.....	107
6.3.1 ÍNDICE G.....	108

6.3.2 ÍNDICE O.....	110
6.3.3 ÍNDICE D.....	113
6.4 Resultados Mapa de vulnerabilidad	116
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	120
8. LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	128
9. CONCLUSIONES	164
10. RECOMENDACIONES	167
11. BIBLIOGRAFÍA	169

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Tipos de cultivos presentes respecto a tipología de producción
- Tabla 2. Variedades de papa cultivadas en la localidad de Usme
- Tabla 3. Agroquímicos utilizados por producto en la localidad de Usme
- Tabla 4. Posiciones Respecto al tema de Vulnerabilidad
- Tabla 5. Matriz de recopilación bibliográfica
- Tabla 6. Protocolo de especificaciones lavado de recipientes
- Tabla 7. Indexación de valores.
- Tabla 8. Resultados de Análisis de Laboratorio el Amoladero
- Tabla 9. Resultados de Análisis de Laboratorio los Caquezas
- Tabla 10. Resultados de Análisis de Laboratorio vereda Olarte
- Tabla 11. Resultados de Análisis de Laboratorio Usme centro
- Tabla 12. Resultados Hospital de Usme
- Tabla 13. Resultados Índice G
- Tabla 14. Resultados Índice O
- Tabla 15. Resultados Índice D
- Tabla 16. Resultados Índice de Vulnerabilidad
- Tabla 17. Resultados grado de Vulnerabilidad
- Tabla 18. Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la localidad de Usme
- Tabla 19. Plan de manejo de envases de pesticidas en la localidad de Usme
- Tabla 20. Disposición de Residuos Sólidos
- Tabla 21. Programa de Mejoramiento Sanitario en la localidad de Usme

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.
- Figura 2. Mapa proyecto AGRORED.
- Figura 3. Mapa uso de suelo.
- Figura 4. Mapa Geológico.
- Figura 5. Fotografía afloramiento Formación Chipaque
- Figura 6. Fotografía afloramiento Formación Arenisca Dura
- Figura 7. Fotografía afloramiento Formación Plaeners
- Figura 8. Fotografía del contacto entre las Formaciones Labor y Tierna y Guaduas.
- Figura 9. Fotografía afloramiento Formación Guaduas.
- Figura 10. Fotografía afloramiento Formación Cacho.
- Figura 11. Fotografía escarpe estructural en la Arenisca la Regadera.
- Figura 12. Fotografía afloramiento Arenisca la Regadera.
- Figura 13. Fotografía afloramiento Formación Usme.
- Figura 14. Fotografía Depósito Conos del Tunjuelo.
- Figura 15. Fotografía, Depósitos y explotación de material para construcción.
- Figura 16. Fotografía Depósitos aluviales Río Tunjuelo.
- Figura 17. Mapa estructuras geológicas.
- Figura 18. Mapa localización puntos de muestreo
- Figura 19. Fotografía sitio de muestreo Vereda Los Soches.
- Figura 20. Fotografía sitio de muestreo Vereda Los Soches.
- Figura 21. Fotografía sitio de muestreo Vereda Los Soches.
- Figura 22. Fotografía sitio de muestreo Vereda Los Soches.
- Figura 23. Fotografía sitio de muestreo Vereda Olarte.
- Figura 24. Fotografía sitio de muestreo Vereda Olarte.
- Figura 25. Fotografía sitio de muestreo Usme Centro.
- Figura 26. Fotografía sitio de muestreo Usme Centro.

Figura 27. Resultados monitoreo calidad de agua.

Figura 28. Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca.

Figura 29. Diagrama sistémico problemática del recurso hídrico en la Localidad de Usme.

Figura 30. Fuentes de abastecimiento de recurso hídrico en la zona.

Figura 31. Actividades agrícolas desarrolladas en la Localidad de Usme.

Figura 32. Recipientes de agroquímicos dentro de la zona de cultivos.

Figura 33. Disposición inadecuada de residuos sólidos.

Figura 34. Actores y Funciones.

Figura 35. Diagrama programas y plazos propuestos.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO UNIVERSIDAD JAVERIANA

ANEXO 2. RESULTADO DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO HOSPITAL DE USME

ANEXO 3. MAPA DE VULNERABILIDAD

ANEXO 4. MAPA GEOLÓGICO

ANEXO 5. MAPA HIDROGEOLÓGICO

ANEXO 6. DIAGRAMA DE ACTORES Y FUNCIONES

ANEXO 7. DIAGRAMA PROGRAMAS PROPUESTOS Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

ANEXO 8. FICHAS TECNICAS DE INDICADORES

GLOSARIO

Ciclo Hidrológico

Se conoce con este nombre el movimiento del agua de forma ascendente (evaporación), descendente (precipitación) y además en forma de escorrentía superficial y subterránea.

Es importante aclarar que el ciclo hidrológico, no es un proceso tan simplificado, aunque de manera general, el agua que se evapora de los océanos, se precipita sobre los continentes.

Otro aspecto de especial relevancia dentro del ciclo hidrológico, es el que tiene relación con la escorrentía subterránea, la cual es mucho más lenta que la superficial, y es éste hecho lo que garantiza que los ríos conserven su caudal, aún mucho después de las últimas precipitaciones.

Escorrentía superficial: el agua que al precipitarse no se evapora ni se infiltra, escurre de manera superficial.

Escorrentía Directa: es la que alcanza los cauces superficiales en un período corto de tiempo después de las precipitaciones. Incluye tanto la escorrentía superficial como la sub- superficial.

Escorrentía Básica: es la que alimenta los cauces en épocas de ausencia de precipitaciones.

Infiltración: porción de agua que es absorbida por el suelo. El agua infiltrada a su vez tiene la posibilidad de:

- a) Evaporación: incluye el agua que se evapora desde el suelo, sin entrar en contacto con la vegetación.
- b) Transpiración: de la porción de agua que es absorbida por las raíces de las plantas, una parte se emplea para su crecimiento y el mayor porcentaje es transpirada.

La suma de los procesos de evaporación y transpiración, se conoce como evapotranspiración.

Precipitación: incluye la caída de agua en cualquiera de sus formas sobre la superficie terrestre. (Lluvia, nieve, granizo).

Condensación: este fenómeno se presenta cuando el aire está saturado y desciende la temperatura. Cuando una masa de aire cálido y húmedo alcanza la atmósfera y encuentra capas de aire frío que hacen que el vapor pase de estado gaseoso a líquido.

Conceptos Hidrogeología

El agua subterránea proviene del agua de lluvia que se infiltra en el terreno. La capacidad de infiltración del medio está en función de factores como la permeabilidad del medio, la pendiente o inclinación del mismo y de la densidad y tipo de la cobertura vegetal.

El agua que se infiltra puede ingresar al suelo y ocupar los poros o espacios vacíos del material geológico o puede almacenarse formando un acuífero. Los acuíferos están limitados hacia su parte inferior por una capa impermeable y en la

parte superior por un nivel en el cual el estrato permeable deja de estar saturado. (Nivel freático).

El nivel freático esta relacionado con las características morfológicas del terreno, en algunos casos puede quedar ubicado muy superficialmente, formándose manantiales.

Hidrogeología

Rama de las Geología que estudia las aguas subterráneas.

Recarga: Proceso de ingreso de agua a un depósito de agua subterránea.

Descarga: ocurre cuando el nivel freático intercepta la superficie.

Nivel Freático: es el límite superior de la zona saturada.

Nivel Piezométrico: en un punto de un acuífero, es considerado como el valor de la cota respecto a una referencia que alcanza el punto cuando es liberado a la presión atmosférica.

Acuífero:

Se denominan acuíferos aquellas formaciones geológicas subterráneas, que son permeables y que son capaces tanto de almacenar como de transmitir agua.

Desde el punto de vista hidrogeológico los acuíferos pueden dividirse en:

Acuíferos: tienen la capacidad tanto de almacenar como transmitir el agua (arenas, gravas, calizas). Es decir, que son materiales con alta capacidad para drenar y en los que pueden perforarse pozos para abastecimiento, agricultura y otros fines.

Acuitardo: son aquellos capaces de almacenar grandes cantidades de agua, pero que no la transmiten con facilidad, se podría decir que su capacidad para drenar es de media a baja y se forman en unidades geológicas semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas).

Acuicludos: se trata de acuíferos que son reserva de grandes cantidades de agua, pero que son incapaces de transmitirla y su drenaje es muy difícil. El agua queda atrapada en los poros. (Limos, arcillas, limos arcillosos).

Acuifugos: formaciones geológicas que no tienen la capacidad ni de almacenar ni de transmitir el agua. Están caracterizados por macizos rocosos compactos (granitos, gneises), considerados como impermeables.

Tipo acuífero	Capacidad almacenar	Capacidad drenar	Capacidad transmitir	Formaciones típicas
Acuífero	Alta	Alta	Alta	Gravas, arenas, calizas.
Acuitardos	Alta	Media/baja	Baja	Limos, arenas limosas y arcillosas
Acuicludos	Alta	Muy baja	Nula	Arcillas
Acuifugos	Nula	Nula	Nula	Granitos, gneises, mármoles

Modificado: formaciones geológicas frente al agua. Ingeniería Geológica. González. 2002.

Clasificación de acuíferos según su estructura y funcionamiento:

Acuíferos libres: se denominan así los acuíferos cuya parte superior está en contacto con la atmósfera.

Acuífero confinado: es aquel que está cubierto por rocas impermeables y el agua almacenada, se encuentra a una presión mayor que la atmosférica.

Acuífero semiconfinado: se trata de aquel que está cubierto por capas semipermeables, que facilitan el paso del agua desde otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado.

Tipo acuífero	Liberación del agua
Libre	Por desaturación
Confinado	Liberación elástica del agua
Semiconfinado	Recarga, drenaje o goteo vertical

Modificado cuadro de acuíferos según estructura y funcionamiento. González. 2002.

Nivel freático: es el límite superior de la zona saturada.

Manantial: se denominan de esta forma, los lugares en donde el agua subterránea fluye del suelo. Se forman en sitios donde el nivel freático interseca la superficie del terreno.

Parámetros característicos de un acuífero:

Porosidad total: se define como el volumen de espacios vacíos de un material sólido, respecto al volumen total.

Porosidad efectiva: volumen de espacios interconectados por donde es posible el transporte del agua subterránea.

Permeabilidad: es la capacidad que tiene el medio físico para permitir el paso del agua o de cualquier fluido.

Permeabilidad efectiva: se define como el caudal capaz de atravesar una sección unitaria del acuífero, normal al flujo, bajo un gradiente piezométrico unitario. Y depende tanto de las características del acuífero, como de las del fluido que lo atraviesa. Sus unidades de medida son cm/s, m/día. González, 2002.

Permeabilidad intrínseca: aquella que depende del tamaño, forma y superficie de las partículas que constituyen el medio.

Transmisividad: es el parámetro que indica la facilidad con la que el agua fluye horizontalmente por una unidad geológica. Depende directamente del espesor del estrato y de su permeabilidad.

Coefficiente de almacenamiento: es el parámetro que indica la cantidad de agua que es liberada, al disminuir la presión al interior del acuífero. Es utilizado en el caso de acuíferos confinados.

“Es definido como el volumen de agua que es capaz de liberar un prisma de base unitaria y de altura la del acuífero, cuando desciende un metro el nivel piezométrico” (González de Vallejo, 2002).

RESUMEN

En la actualidad, el agua subterránea ha adquirido gran importancia por cuanto la creciente demanda sobre el recurso hídrico asociada al rápido incremento poblacional, ha obligado a considerar el uso de fuentes alternativas para el suministro de agua potable, no sólo porque el agua superficial es cada vez más escasa sino porque su calidad se ha visto disminuida ostensiblemente, como consecuencia de los vertimientos resultantes de las actividades antrópicas.

La Localidad de Usme, objeto de estudio del presente trabajo, históricamente se ha caracterizado, por su abundancia en cuanto a recursos hídricos, tanto así que inicialmente, esta región abastecía de agua a una gran parte de la ciudad, no obstante, a pesar de ser considerada una potencia en cuanto a recursos naturales, está localidad presenta una seria problemática ambiental que ha generado graves deterioros no sólo en la calidad del agua superficial sino en la calidad del agua sub superficial, de la cual hacen uso algunas de las veredas que no cuentan con acueducto.

Está problemática en torno al recurso hídrico de la localidad de Usme, causa preocupación, porque además afecta la calidad de vida de sus habitantes; se han registrado algunos casos de enfermedad diarreica aguda, presumiblemente por consumo de agua contaminada, en algunos casos por la misma comunidad, posiblemente por falta de información y en desarrollo de sus actividades de sustento y en otros casos por las deficiencias en los servicios de saneamiento básico.

En la búsqueda de solución a esta situación problemática, en el presente trabajo se proponen algunas estrategias de protección de acuíferos, como los mapas de

vulnerabilidad, que deben formar parte integral en los planes de gestión que se formulen en un futuro en la localidad y que a su vez permiten tomar decisiones adecuadas con respecto a nuevas propuestas de desarrollo basadas en el uso eficiente de los recursos para garantizar la calidad de vida de los usuarios y la sustentabilidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento general, que la demanda de recurso hídrico aumenta de manera proporcional con el crecimiento de la población. Por lo tanto, se hace cada vez más necesario, encontrar nuevas alternativas para la obtención de agua potable, apta para consumo humano o bien para ser empleada en sistemas de riego.

Al no ser suficiente el agua superficial para suplir toda la necesidad de recurso hídrico, en varias regiones del país se está optando por la explotación de acuíferos. Sin embargo, el desconocimiento de las técnicas adecuadas para su explotación, así como la industrialización creciente, la producción de desechos líquidos provenientes de actividades como la minería, la falta de regulaciones suficientes y mecanismos de control, hacen que sustancias potencialmente tóxicas sean descargadas en el suelo y puedan alcanzar las aguas subterráneas, ocasionando contaminación dispersa o difusa, que afecta amplias zonas.

Por tal razón, se hace necesario realizar una caracterización acerca del problema de contaminación de acuíferos, para varios sectores, entre ellos los correspondientes al área suburbana de la ciudad de Bogotá, que eventualmente han hecho uso de este recurso.

El tema del proyecto de investigación está relacionado con la Gestión ambiental de recursos a partir del uso de herramientas técnicas. El recurso de interés corresponde al recurso hídrico subterráneo de la zona rural de la localidad de Usme y la herramienta técnica está asociada al empleo de un Sistema de Información Geográfico, para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea mediante la metodología GOD (*Groundwater, overall, depth*), propuesta por Foster e Hirata en 1987, para lo cual se llevó a cabo la

caracterización de las actividades potencialmente contaminantes desarrolladas en el sector y el análisis de la información geológica e hidrogeológica existente para esta zona.

Una vez determinadas las causas de contaminación, se generaron los mapas de vulnerabilidad que son la base para establecer criterios de protección del recurso. Dicho de otra forma, los mapas de vulnerabilidad de acuíferos, elaborados con el fin de indicar el peligro de contaminación potencial del agua subterránea, permiten tomar decisiones adecuadas con respecto a nuevas propuestas de desarrollo, control de contaminación y monitoreo de la calidad del agua subterránea.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La problemática que motivó el desarrollo de este trabajo obedece a la conjunción de una serie de factores de diverso orden (institucional, normativo, cultural, estatal), que contribuyen a que se generen una serie de condiciones que propician un incremento en la susceptibilidad del recurso hídrico subterráneo de la localidad de Usme a la contaminación.

En primera instancia, el agua subterránea es un recurso poco conocido y con frecuencia, deficientemente manejado, esto se debe a que aún no se ha elaborado un Programa Nacional de Aguas subterráneas, que a su vez haga parte de un Plan Hídrico Nacional.

Por otra parte, en lo que se refiere a los factores culturales asociados al problema de contaminación de aguas subterráneas, se encuentra principalmente el hecho de que no existen programas de Educación ambiental que capaciten a la comunidad en cuanto al manejo y disposición final de los residuos contaminantes y en el uso adecuado de los recursos naturales.

Con relación a los factores de carácter institucional relacionados con esta problemática, se cuentan, la dispersión y falta de definición de las competencias entre las Instituciones del gobierno encargadas del manejo y protección de los recursos naturales y la falta de presupuesto para investigación que contribuya al conocimiento y búsqueda de soluciones a la problemática. Además de esto, dichas entidades carecen de capacidad administrativa para ejercer funciones de vigilancia y control, para hacer un seguimiento de los problemas ambientales y su manejo en las distintas localidades.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la localidad de Usme, con el fin de formular los lineamientos de un plan de gestión ambiental, con énfasis en el recurso hídrico subterráneo de la zona.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar actividades antrópicas potencialmente contaminantes de los acuíferos de la zona de estudio.
- Determinar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación mediante el método GOD.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua sub superficial de la zona de estudio.
- Formular los lineamientos de un plan de gestión ambiental con énfasis en el recurso hídrico subterráneo de la zona de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Existe un desconocimiento por parte, de los habitantes de la localidad de Usme, acerca del impacto de sus actividades en la disminución de la calidad del recurso hídrico subterráneo y de los efectos que tiene este hecho en la salud de la comunidad que hace uso de dicho recurso.

Es un hecho real que la demanda del recurso hídrico crece de manera directamente proporcional al crecimiento de la población y además ese crecimiento se ve reflejado en el incremento de actividades industriales y agrícolas que exigen cada vez mayores cantidades de agua para ser empleadas en diferentes actividades.

El agua superficial no solamente no es suficiente sino que además ha sido afectada en su calidad, por la presencia de contaminantes provenientes de diversas fuentes y es este hecho el que ha obligado a muchos países del mundo a explotar sus acuíferos.

La problemática de los acuíferos es un tema relativamente poco estudiado y en realidad muy pocos países han fijado presupuestos de investigación, manejo y reglamentación claros acerca del uso de los mismos y como consecuencia de esto se desconoce la contaminación de la que están siendo objeto.

Según estudios realizados por la Secretaria Distrital de Ambiente las proyecciones de consumo de agua para la ciudad de Bogotá para el año 2009¹, esperan alcanzar su límite de capacidad, por lo que se hace imperativo salvaguardar las reservas de agua subterránea de la ciudad, con la implementación de planes de

¹ EL NUEVO SIGLO.- LA REPUBLICA. [Reporte de Prensa \(23-Mar-2006\)](#)- BOGOTÁ.- Bogotá no tendrá agua para tanta gente, previene la Contraloría distrital.-

gestión del recurso destinados a proteger tanto la calidad como la cantidad del mismo.

En Bogotá según datos de la CAR, anualmente se están extrayendo 42 millones de metros cúbicos de aguas subterráneas para diferentes usos, y existe una preocupación general por un descenso considerable del nivel freático, así como una disminución en la calidad como resultado de la contaminación de fuentes superficiales y vertimientos que se infiltran al subsuelo, deteriorando el recurso.

Además no existe claridad en las competencias de las entidades ambientales que regulan y reglamentan el uso. Existe reglamentación que data desde el año 1977 y que define los lineamientos para exploración, explotación y uso del recurso, pero no existe una verificación completa de su manejo. Así por ejemplo, dentro de la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente sólo están reportados el 11.1% de los pozos que han obtenido licenciamiento para su explotación, quedando un 89.9% sin registro y por ende sin tasación, razón por la cual, es necesario contribuir al conocimiento de una problemática de gran importancia para el presente y el futuro de los bienes y servicios ambientales de la ciudad capital.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 Marco geográfico

4.1.1 Localización del área de estudio

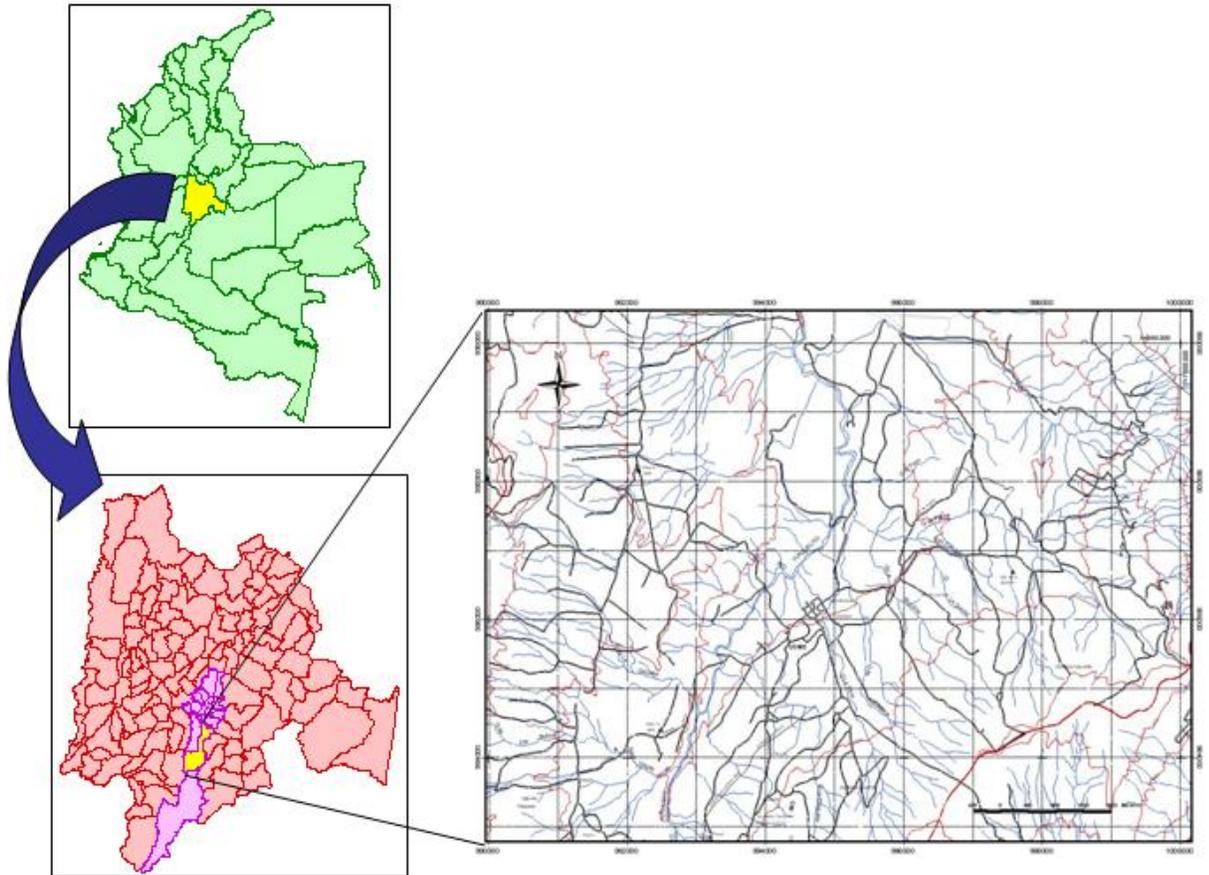


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

La zona objeto de estudio, se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Bogotá. Al norte limita con las localidades de Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Tunjuelito, al oriente con los municipios de Ubaque y Chipaque, al occidente con la localidad de ciudad Bolívar y al sur con la localidad de Sumapáz.

La extensión total de Usme, es de 21556.16 Hectáreas, de las cuales 18.306.52 (85%) corresponden a suelo rural; 2.063.84 (9.5%) clasificadas como suelo urbano y finalmente 1.185.65 (5.5%), correspondientes a suelo en expansión.

4.1.2 Demografía

Población: Según datos del DANE (Departamento Nacional de Estadística), la población registrada en el área urbanizada de Usme para el año 2002 era de 259.189 habitantes.

También se obtuvo información de que la mayor parte de dicha población corresponde a jóvenes menores de 15 años y sólo un pequeño porcentaje a adultos mayores de 64 años.

Con respecto a la clasificación de los habitantes de acuerdo con el género se determinó que un 48.9% son hombres y un 51.1% son mujeres.

4.1.3 Historia de la localidad de Usme

Se pueden diferenciar, tres grandes momentos en la historia de Usme relacionados con el tipo de actividades productivas que se han dado en la zona: la época prehispánica, referida al asentamiento de comunidades pertenecientes al grupo de los Muisca, la época colonial y republicana, vinculadas a la evolución del Virreinato de la Nueva Granada, y la conformación de la República en el siglo XIX y finalmente la época moderna, caracterizada por la expansión de Bogotá

como ciudad capital y por la articulación de los municipios circunvecinos al desarrollo económico y social de la capital².

Usme formaba parte de una extensa zona de poblados indígenas que componían la cultura muisca. Se sabe que la forma predominante de subsistencia para estas tribus se basaba en la agricultura y alternaban con actividades como la caza, la pesca y la minería como alternativas de supervivencia y producción³.

Durante el período colonial y republicano los españoles sometieron a esta población indígena a la institucionalidad de la encomienda. Tiempo después la colonización, de la mano con las nuevas instituciones implantadas por los españoles en los siglos XVII y XVIII, permitió tanto el desarrollo económico agrícola y artesanal de la región como su desarrollo urbano. Hacia el año 1650 se fundó la población de San Pedro de Usme como poblado de carácter rural, y en 1711 se erigió como parroquia.

La representación del sistema de producción de la zona está claramente referenciada en el lenguaje histórico de la región especialmente en lo que se refiere a las grandes haciendas o latifundios de la zona, un claro ejemplo es el de la hacienda Las Manas. Allí se desarrollaron grandes actividades agrícolas y ganaderas hacia finales de la época colonial, pero tiempo después la hacienda fue parcelada en varias fincas de ganadería y recreo, que en algunos casos conservan actualmente sus nombres originales. Otro gran ejemplo del sistema de hacienda agrícola, lo representa la hacienda el Hato cuya propiedad inicial perteneció a una comunidad religiosa y su vocación se centro en la ganadería.

² ALCALDIA DE BOGOTA , **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRICTAL**
Recorriendo USME , Diagnostico físico y socioeconómico de las localidades de Bogota ,2004

³ *Ibíd.*

A comienzos del siglo XX se reconoció a Usme como municipio, de acuerdo con el proceso de modernización institucional que vivía en ese momento la República con la expedición, en 1913, del Código de Régimen Político Municipal, principio del funcionamiento para la mayoría de municipios del país. En 1954, bajo el marco de la organización del Distrito Especial y cumpliendo el mandato de la Constitución Política que establecía que la ciudad de Bogotá debía conformarse como un distrito Especial, sin sujeción al régimen municipal ordinario. (Art. 159), el municipio de Usme desapareció como entidad político-administrativa separada de Bogotá y pasó a ser parte integrante de su jurisdicción. Durante su organización como Distrito Especial, Bogotá anexó también a los municipios circunvecinos de Bosa, Usaquén, Engativá, Suba y Fontibón, que desde entonces han estado articulados al desarrollo económico de la ciudad, beneficiándose de su expansión y modernización urbanas⁴.

En la actualidad, Usme es primordialmente una comunidad rural con escasa presencia industrial. Está constituida por terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales o actividades semejantes.

En la localidad de Usme el 74% de la superficie corresponde a suelo rural. La localidad se encuentra organizada en quince (15) veredas que cubren el 85 % del área total de la localidad, éstas son: Arrayán, Margaritas, Chisacá, Andes, Unión, Hato, Curibital, Destino, Olarte, Agualinda, Chuguaza, Corinto, Requilina, Uval y Soches.

4.1.4 Actividades económicas de la zona

La zona de estudio con el mayor porcentaje de suelo de uso rural, cuenta con prácticas como la rotación de cultivos y una división importante en la diversidad de productos respecto al carácter económico del productor. De esta manera se

⁴ Opcit. , pg 5

encuentra que mientras más grande es el productor, la diversidad de productos agrícolas es menor y presenta una alta dominancia el cultivo de papa pastusa (Ver tabla 1). Por otro lado los pequeños productores tienden a diversificar y se pueden encontrar hasta nueve productos diferentes, dependiendo de las condiciones climáticas y del mercado de bienes agrícolas.

Con el fin de orientar a los agricultores para que puedan llevar a cabo prácticas agrícolas más tecnificadas y con mejores resultados en cuanto a producción, se han establecido algunos convenios entre la comunidad rural, la ULATA y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el marco del Proyecto Agrored, desarrollado en la localidad de Usme. En el mapa que se muestra a continuación aparecen señaladas las veredas que hasta el momento han hecho parte del convenio. Ver (Fig 2)

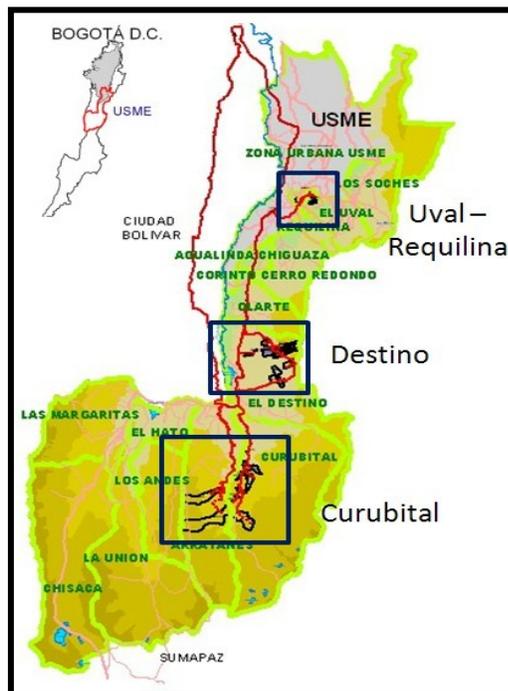


Fig 2. Mapa proyecto AGRORED. LOCALIDAD DE USME. Tomado de <http://www.udistrital.edu.co/comunidad/convenios/agrored/sigagroredusme.htm>

Tabla 1. Tipos de cultivos presentes respecto a tipología de producción

TIPOLOGIA	VARIEDAD	PROMEDIO AREA CULTIVADA
Grande	Arveja	10.24
	Criolla	12.8
	Pastusa	17.92
Mediano	Arveja	4.32
	Criolla	4.72
	Pastusa	5.37
	R12	4.8
	Unica	3.52
	Zanahoria	4.48
Pequeño	Arveja	0.94
	Cilantro	1.28
	Criolla	0.89
	Haba	1.03
	Pastusa	1.18
	R12	1.24
	Sabanera	0.8
	Tocarreña	1.5
	Unica	0.82

Fuente: Proyecto Agrored Localidad Usme

Un aspecto relevante de los sistemas productivos de la zona en general, es la predominancia de la papa pastusa como el producto de mayor oferta en la zona. Basados en los resultados del “Proyecto agrored Localidad de Usme” del 2006, en 125 hectáreas muestreadas, un 81 %, son dedicadas al cultivo de papa de la variedad Pastusa mientras que la variedad de menor presencia es la variedad Sabanera. (Ver tabla 2).

Estos resultados constituyen una importante fuente de información, respecto a las actividades de la zona y sirven para estimar cualitativamente los posibles impactos sobre los recursos de la zona, por el uso intensivo de productos agroquímicos.

Tabla 2 .Variedades de papa cultivadas en la localidad de Usme

VARIEDAD	Nº CULTIVOS EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS	%
Pastusa	101	81%
R12	11	9%
Sabanera	1	1%
Tocarreña	3	2%
Unica	9	7%
TOTAL	125	100%

Fuente: Proyecto Agrored Localidad Usme

Agroquímicos

Los reportes acerca de los diferentes tipos de fertilizantes usados en la zona muestran que la mayor demanda de productos corresponde al cultivo de la papa pastusa, cultivo sobre el que se emplean hasta 18 diferentes productos.

El fertilizante usado mas ampliamente corresponde al fertilizante NUTRIMON (triple 15), esto indica una tendencia a utilizar fertilizantes que contengan altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Otros productos empleados en los procesos productivos, corresponden a los insecticidas, fungicidas y herbicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades. El estudio realizado por la Universidad Distrital (Proyecto Agrored

Localidad de Usme), se encontraron hasta 50 productos diferentes empleados en los cultivos. Ver (tabla 3)

El estudio encontró, que el insecticida Gamoxane es el producto de mayor porcentaje de utilización en la zona, con un 32.3%, en segundo lugar se encuentra el fungicida Curater con un 22.2% y en tercer lugar se encontró el insecticida Lorsban con un 20.9%.

Tabla 3. Agroquímicos utilizados por producto en la localidad de Usme

CULTIVO	AGROQUIMICO	USO
ARVEJA	10.20.20	Fertilizante
	13.26.6	Fertilizante
	3526	Fertilizante
	Abocol (10.30.10)	Fertilizante
	Bucal	Fertilizante
	Cal Dolomita	Fertilizante
	Calfos	Fertilizante
	Desarrollo	Fertilizante
	Nutrimon (triple 15)	Fertilizante
	Todo en uno	Fertilizante
	Amistar	Fungicida
	Lorsban	Insecticida
	Curzate	Fungicida
	CILANTRO	Nitrato de potasio
Todo en uno		Fertilizante
CRIOLLA	13.26.6	Fertilizante
	Abocol (10.30.10)	Fertilizante
	Antracol	Fertilizante
	Boro	Fertilizante

	Cal dolomita	Fertilizante
	Calfos	Fertilizante
	Nitrato de potasio	Fertilizante
	Nitrumon (Triple 15)	Fertilizante
HABA	Abicol	Fertilizante
	Calfos	Fertilizante
	Nutrimon	Fertilizante
PASTUSA	10.20.20	Fertilizante
	13.26.6	Fertilizante
	3526	Fertilizante
	Abocol (10.30.10)	Fertilizante
	Agromin	Fertilizante
	Antracol	Fertilizante
	Boldece	Fertilizante
	Buxal	Fertilizante
	Cal dolomita	Fertilizante
	Calfos	Fertilizante
	Desarrollo	Fertilizante
	Dithane	Fungicida
	M-45	Fertilizante
	Nutrimon (triple 15)	Fertilizante
	Solo Agro	Fertilizante
	Temik	Insecticida
	Todo en uno	Fertilizante
	Urea	Fertilizante
	Curzate	Fungicida
	Derosal	Fungicida

	Dithane	Fungicida
	Eltra	Fungicida
	M-45	Fungicida
	Manzate	Fungicida
	Rhodax	Fungicida
	Ridomil	Fungicida
	Till	Fungicida
	Fitorax	Insecticida
	Furadan	Insecticida
	Curacron	Insecticida
	Curater	Insecticida
	Temik	Insecticida
	Tamaron	Insecticida
	Monitor	Insecticida
	Pirestar	Insecticida
	Malation	Insecticida
	Roundup	Herbicida
	Gramaxone/Paraquat	Herbicida
R 12	13.26.6	Fertilizante
	Abocol	Fertilizante
	Cal dolomita	Fertilizante
	Calfos	Fertilizante
	Desarrollo	Fertilizante
	Nutrimon	Fertilizante
	Topsur	Fertilizante
SABANERA	Abocol	Fertilizante
	Nutrimon	Fertilizante

TOCARREÑA	Boro	Fertilizante
	Cal dolomita	Fertilizante
	Nitrato de potasio	Fertilizante
	Nutrinos	Fertilizante
ZANAHORIA	Abocol	Fertilizante

Fuente: Proyecto Agored Localidad Usme

4.1.5 Usme en el POT

De acuerdo con el POT, aprobado mediante el Decreto 619 de 2000, se da prioridad al fortalecimiento de la estructura de las piezas urbanas y rurales, tanto en la ciudad como en las áreas circundantes, en aspectos como el social, el económico, el ambiental y el territorial entre otros. Ver (Fig 3)

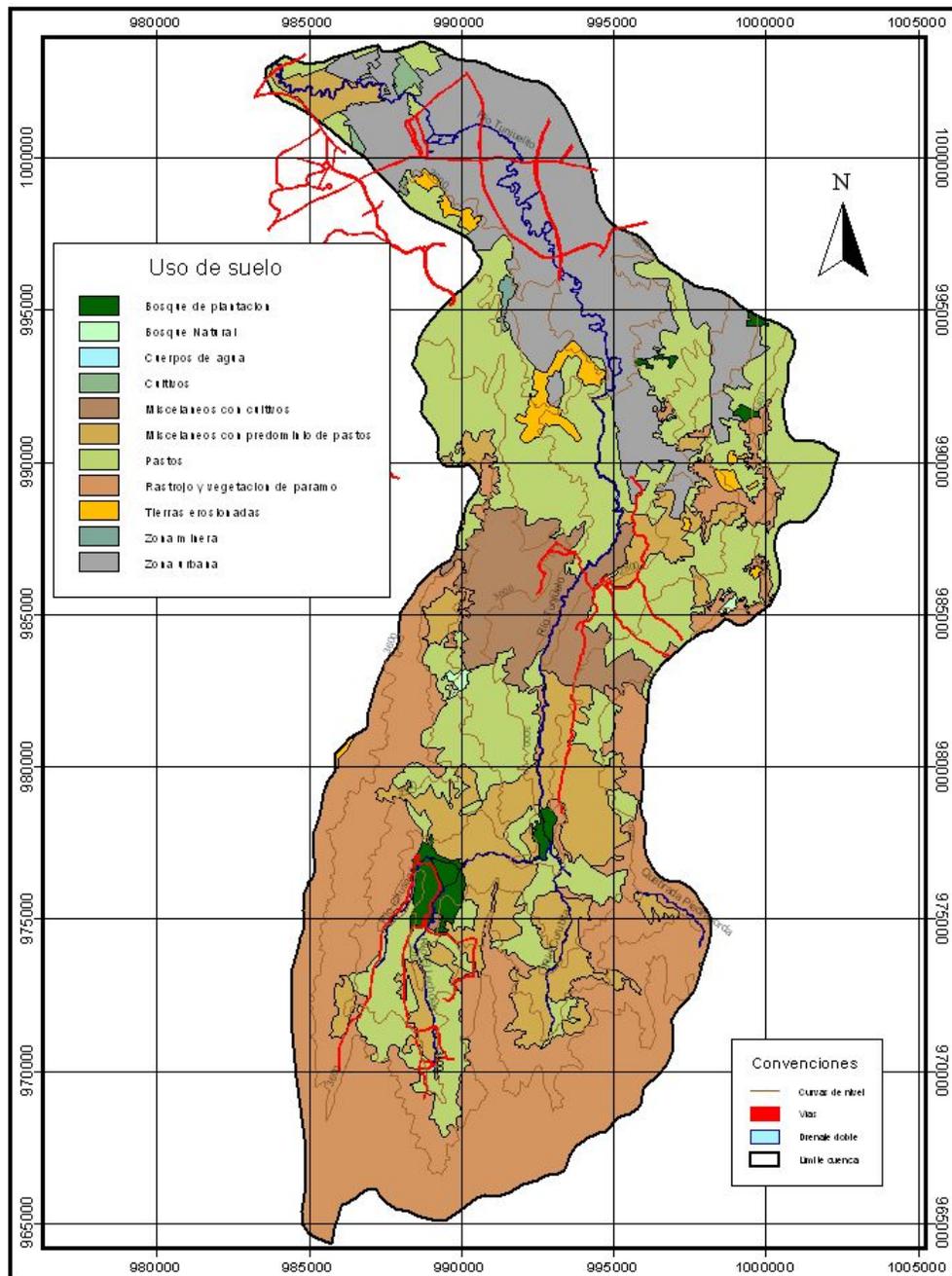


Fig 3. Mapa uso de suelo

Los componentes primarios considerados en él son: el área urbana, el sistema de áreas protegidas, el suelo en expansión y el área rural.

Suelo urbano

El denominado suelo urbano corresponde a aquellas áreas que por contar con la infraestructura y servicios requeridos, posibilita la urbanización. El sector de Usme responde al modelo de desarrollo territorial propuesto por el POT basado en piezas urbanas, centralidades y sistemas generales y cuenta con un área urbanizada de 1821.9 hectáreas con aproximadamente 2866 manzanas ubicadas en 622 hectáreas.

Piezas Urbanas

Corresponden a extensos territorios que integran el área urbana, diferenciables entre si por la diversidad en la intensidad y distribución de usos y actividades desarrolladas en ellos así como por sus manifestaciones e interacción con la composición geográfica.

La localidad de Usme se ubica en la pieza urbana Ciudad Sur.

Unidades de planeación zonal (UPZ)

Se dice de aquellas áreas formadas por una agrupación de barrios que comparten características morfológicas o funcionales y que están localizadas en zonas de suelo urbano y suelo en expansión.

Tienen por objeto servir como instrumento de planificación, condicionando de esta manera las políticas generales del POT.

La UPZ ciudad de Usme está ubicada en el extremo sur del área urbana de dicha localidad y cuenta con una extensión de 992.37 Hectáreas. En su mayor parte está formada por varios sectores correspondientes a predios sin desarrollar, sectores de suelo protegido y de suelo en expansión.

En la localidad de Usme, se encuentran unidades de uso residencial con deficiencias en infraestructura (5), unidades con predominio rotacional en condiciones específicas (1), y sectores poco desarrollados con grandes predios ocupados (4).

Suelo en expansión urbana

Corresponde a la porción de territorio del Distrito que será empleado para el desarrollo urbano, por lo cual, dentro del tiempo de vigencia del POT (plan de ordenamiento territorial), será incorporado al perímetro urbano. La localidad de Usme tiene un área potencial para expansión urbana de 885.28 hectáreas.

Suelo Rural

Es aquel no apto para uso urbano por ser de vocación especialmente agrícola, ganadera, forestal y/o minera. En Usme, actualmente existen 15 veredas que corresponden al 85% del área total de la localidad. Algunas de estas son: Arrayanes, Las Margaritas, Chisacá, Uval, Los Soches.

Suelo de Protección

Dentro de esta categoría se encuentran los espacios ecológicos protegidos dentro del Distrito Capital. Entre estos se cuentan:

- Parque ecológico Entrenubes

- Reserva Forestal protectora, Bosque oriental de Bogotá
- Reserva Forestal Distrital, Los Soches: conformada por varios corredores de restauración.
- Áreas de ronda del Río Tunjuelo y la Quebrada Yomasa
- Zonas de alto riesgo no mitigable.

La extensión total de las áreas protegidas en Usme, es de aproximadamente 9.939 hectáreas, con relación a las zonas clasificadas como de alto riesgo son 13, dentro de las cuales aquellas que presentan mayor afectación son: El Provenir, La Fiscala, El Danubio Azul, San Juan de Usme y Santa Librada entre otras.

Zonas de alto riesgo no mitigable

Son aquellas zonas caracterizadas por la presencia de desprendimientos de rocas y hundimiento de suelos. Dentro de los barrios afectados por este tipo de problemática se encuentran: Barranquilla II, Duitama, Santa Marta, Alaska.

Amenaza por Erosión y Remoción en Masa

Dentro de las Unidades de planeación zonal que se encuentran en la localidad de Usme, la que presenta la mayor cantidad de manzanas con problemas de remoción en masa, es la UPZ Yomasa, en segundo lugar la UPZ Comuneros y clasificada como zona de amenaza media, la UPZ Danubio y algunos otros sectores de otras UPZ, como Yomasa, Comuneros, Alfonso López y la Flora.

Amenaza por inundación

Respecto a la amenaza por inundaciones se han diferenciado zonas de amenaza alta, media, y baja. Dentro de dichas zonas, las de mayor susceptibilidad a la

ocurrencia de inundaciones están ubicadas en el sector noroccidental de la UPZ Comuneros, en la ribera del Río Tunjuelo.

Servicio de acueducto y condiciones sanitarias

El área urbana de la localidad de Usme se alimenta de la red matriz de distribución de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) (sistemas operacionales de Laguna y Vitelma) con un cubrimiento estimado del 80% atendiendo según datos de la EAAB. Sin embargo el principal problema de suministro se presenta con la presencia de barrios clandestinos que desbordan la capacidad del sistema ya que captan de manera ilegal el servicio.

Respecto a las condiciones sanitarias de la localidad, existen aun viviendas en la zona urbana que no cuentan con servicio sanitario, muy pocas poseen pozo séptico y otras descargan las aguas negras sobre el prado contiguo a las viviendas, lo cual acarrea graves inconvenientes de salubridad que inciden en la aparición de enfermedades diarreicas y el parasitismo. En algunos casos no existe, separación de aguas negras y aguas lluvias, lo cual se agrava debido a la presencia de barrios ilegales que vierten sus aguas negras al lecho de los ríos, lo que ocasiona problemas ambientales aguas abajo.

Por otro lado las veredas se surten mediante el desvío de corrientes de agua a través de tubos conducidos hacia las viviendas y acueductos veredales constituidos por las juntas de acción local de cada vereda, sin embargo de acuerdo con la caracterización de 761 familias por el programa “Salud a su Hogar”⁵ se encontró que en esta zona, el 77,4% carece del servicio de acueducto. Las fuentes de suministro del recurso hídrico son principalmente pozos, aljibes,

⁵ Hospital de Usme, “Programa Salud a su Hogar”, 2003. EN: PROYECTO INTEGRAL DE SALUD LOCALIDAD QUINTA DE USME 2005-2008

suministro directo de ríos, quebradas o nacimientos de agua y agua lluvia.

Las condiciones sanitarias de la localidad son las más críticas. El 92,2% de la población rural carece de inodoro conectado al alcantarillado, y el 77,1% carece del servicio de recolección de basuras, el principal sistema de disposición de basura consiste en arrojar los restos del desecho al aire libre o la quema.

Estas condiciones de la localidad son de particular interés cuando se comparan con respecto a los diagnósticos de salud. El perfil de morbilidad esta relacionado principalmente con infecciones respiratorias, enfermedades diarreicas y parasitismo intestinal. En épocas de invierno es cuando mas se presentan cuadros de enfermedades que según la misma comunidad se deben a que no existe un manejo adecuado de las aguas, el inadecuado acceso y disponibilidad de alimentos, para las madres gestantes y niños.

4.1.6 Características físicas

4.1.6.1 Clima

El área de interés, está ubicada dentro de la zona de dominio de los climas tropicales fríos lluviosos, con algunas variaciones producto de las diferencias de altitud.

Los períodos estacionales que se presentan son eminentemente hídricos y no de tipo térmico. Dada su ubicación geográfica y sus características de relieve, el clima de la zona se caracteriza por su gran variedad, asociada a la presencia de diferentes pisos térmicos que van desde el frío hasta el páramo hacia la parte sur de los cerros sur orientales.

4.1.6.2 Temperatura promedio

Las temperaturas oscilan entre los 7 y los 14°C. Las temperaturas promedio varían de acuerdo con la altitud, así por ejemplo, la cabecera municipal ubicada a una altura de 2600 m.s.n.m, posee una temperatura promedio anual de 12° C, pero en el área montañosa las temperaturas alcanzan valores promedio anuales de 8.8°C.

4.1.6.3 Hidrografía

Hacia el sector occidental del área de estudio, se encuentra el nacimiento del río Tunjuelo, uno de los principales afluentes del río Bogotá que es empleado para llenar embalses y para suministro de agua a ciertos sectores de Bogotá. El nacimiento de otras fuentes hídricas importantes está en el Parque Ecológico Entre Nubes donde nacen siete quebradas: Seca, Chiguaza, Bolonia, Verejones, La olla del Ramo, Santa Librada y Yomasa, que desembocan al Tunjuelo, uno de los tres afluentes principales del río Bogotá.

Otros ríos importantes de este sector son Curubital, Lechoso, el Mugroso y las Quebradas el Destino, Guanda, Leñonero, Santa Helena, Chuzcal, Hierbabuena y Trompeta. También son importantes los embalses de Chisacá y La Regadera.

4.1.6.4 Precipitaciones:

La información relacionada con la precipitación está basada en un análisis efectuado por De Bermudez y Rodríguez (1991) en un período de 29 años, empleando el método de proporciones, el promedio histórico del mes y regresiones lineales.

Se pueden observar de forma general, tres tipos principales de distribución de precipitación durante el año. Se presenta un régimen pluviométrico bimodal (dos

períodos lluviosos al año). Otro es el régimen pluviométrico de los Llanos orientales, que se caracteriza por ciclos de más o menos ocho meses de lluvias regulares (unimodal) y un régimen propio de la zona de transición que es la combinación de los dos anteriores.

Las mayores precipitaciones se presentan en la cuenca alta del río Tunjuelo, por estar afectada por el régimen pluviométrico de los Llanos Orientales y supera en el año seco los 1200 mm/año y en el año húmedo los 1700 mm/año.

En el régimen de transición se presentan valores de precipitación de 800 y 1000 mm para el año seco y de 1100 a 1400, para el año húmedo.

Las menores precipitaciones se observan en la parte baja del área, que posee una zona seca cuyos valores promedio anuales son de 700 mm y 1000 mm para el año húmedo.

4.1.6.5 Suelos e infiltración

La cantidad de agua resultante de la precipitación que llega a los acuíferos, está controlada por las características del suelo, es decir depende de la capacidad de infiltración del mismo, así como de su contenido de humedad, su conductividad hidráulica, el desarrollo de la cobertura vegetal y la concentración de materia orgánica.

4.1.7 Geología y estratigrafía

En el área de estudio afloran unidades consolidadas y no consolidadas y cuyas edades van del cretáceo al reciente. (Ver Anexo 4)

4.1.7.1 Estratigrafía

Se caracteriza por la presencia de unidades litoestratigráficas que afloran en la parte central de la Cordillera Oriental y que son principalmente de tipo sedimentario. Se encuentran unidades cretáceas de origen marino, suprayacidas por unidades terciarias de tipo transicional y continental, y sobre estas últimas reposando discordantemente, los depósitos cuaternarios. Ver (Fig 4)

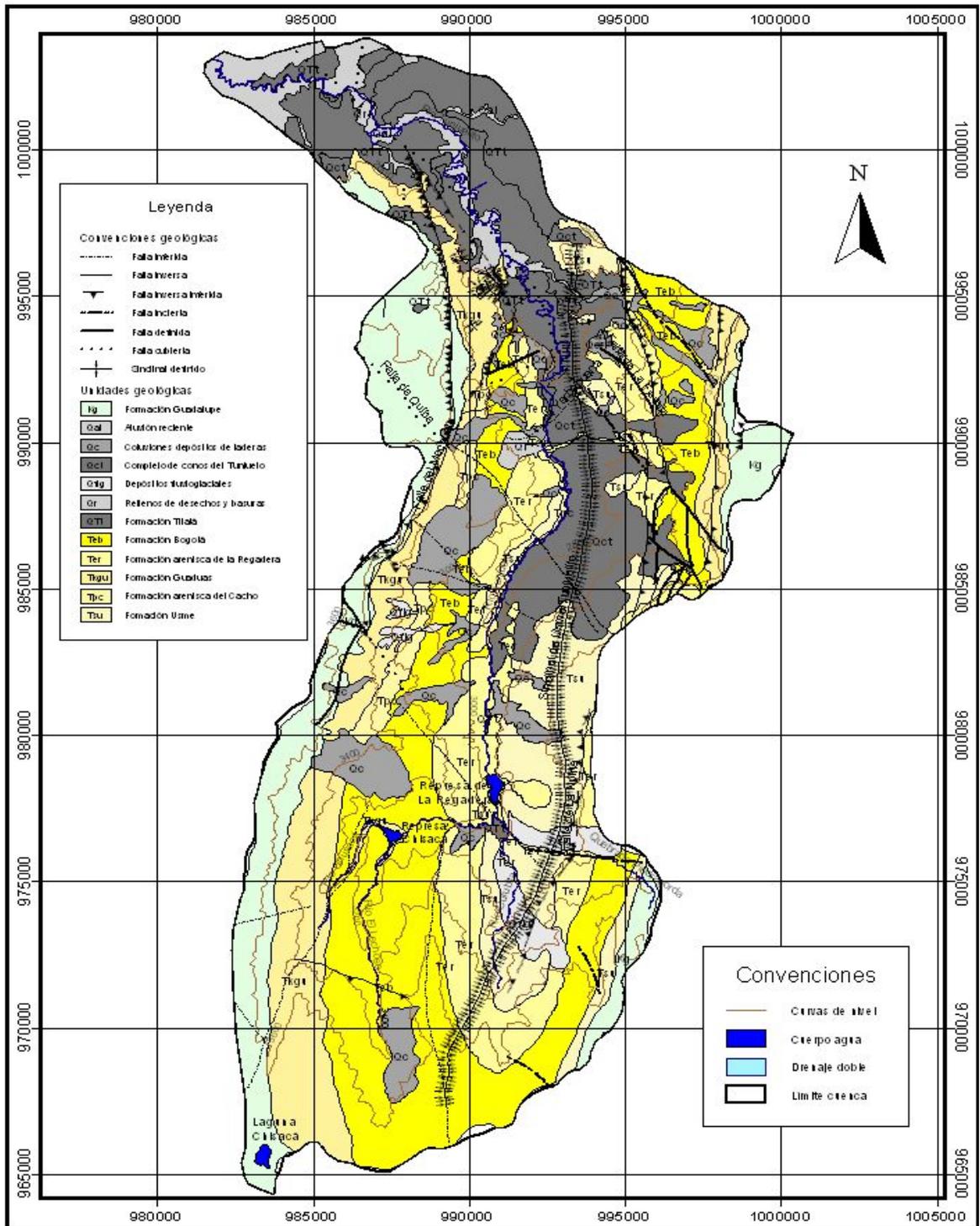


Fig 4. Mapa Geológico (ver Anexo 4)

Grupo Villeta

De esta unidad únicamente aflora el miembro superior en el área de estudio.

Formación Chipaque (Kcs)

Definida por Hubach (1957) y redefinida por Renzoni (1962). De edad cenomaniano – coniaciano, está constituida principalmente por arcillolitas de color gris oscuro a negro, interestratificadas con paquetes de calizas, areniscas y calizas arenosas. Ver (Fig 5 y Anexo 4). Aflora en los anticlinales de Soacha y Cheba.

El afloramiento del cerro de Cheba, se caracteriza por la presencia de lodolitas arcillosas de color gris, café y negro, físciles y por la presencia de bancos de lodolitas arenosas, intercalados con areniscas blancas y amarillentas de grano fino.

Se encuentra en contacto gradacional y concordante con el miembro inferior del Grupo Guadalupe (Fmc Arenisca Dura).



Fig 5. Formación Chipaque. Tomado de Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá.

INGEOMINAS 2005

Grupo Guadalupe (Ksg)

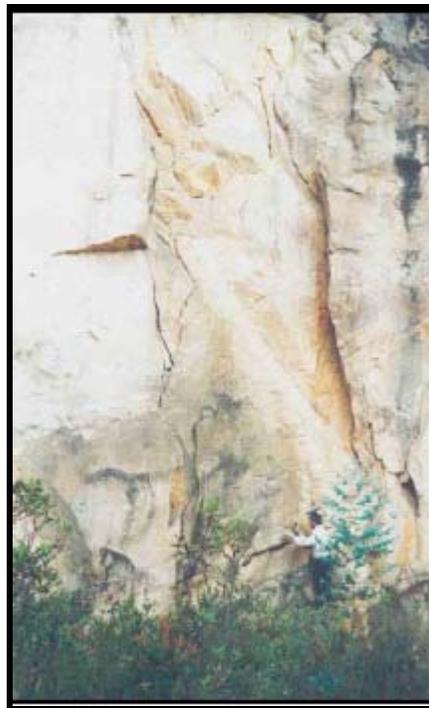
Unidad redefinida por Renzoni (1962, 1968) quien la dividió en tres miembros que de inferior a superior son: Arenisca Dura, Plaeners y Labor y arenisca Tierna.

Fmc. Arenisca Dura (Kgd)

Es el nivel inferior del Grupo Guadalupe. Se le asigna una edad coniaciano – santoniano a campaniano.

Su localidad tipo se encuentra al oriente de Bogotá. Se trata de estratos gruesos de areniscas cuarzosas, intercaladas con limolitas silíceas y estratos delgados de lodolitas grises. Ver (Fig 6)

En la zona de estudio, se presentan areniscas cuarzosas de grano fino, de colores claros y hacia la parte media y superior, se encuentran algunas intercalaciones de lodolitas silíceas grises.



**Fig 6. Afloramiento Formación Arenisca Dura Tomado Informa Geología Sabana de Bogotá.
INGEOMINAS 2005**

Formación Plaeners (Kgpl)

Redefinida por Pérez y Salazar (1978). La localidad tipo está ubicada en el camino a la estación alto del cable, al oriente de Bogotá. Constituida por limolitas silíceas, porcelanitas y arcillolitas silíceas de colores claros intercaladas con estratos delgados de areniscas cuarzosas de grano fino. Ver (Fig 7).

En el área de interés, en algunas ocasiones se encuentra cabalgando sobre la formación Guaduas y en otras sobre la formación Labor y Tierna.

Allí la secuencia se caracteriza por la presencia de bancos de lodolitas silíceas grises y marrones y bancos de arcillolitas y lodolitas arenosas, ocasionalmente con intercalaciones de areniscas de grano fino.

Algunos sectores presentan limolitas silíceas de colores claros y oscuros muy duras y con una típica fractura cúbica. También en ocasiones se observan interestratificadas, capas de areniscas cuarzosas de grano fino a muy fino, igualmente arcillolitas grises, amarillo claro, con tonos rojizos.

Está en contacto concordante con sus unidades suprayacentes.



Fig 7. Afloramiento Formación Plaeners.

Tomado Informe Geología Sabana de Bogotá. INGEOMINAS 2005.

Formación Labor y Tierna (kilt)

Nombre asignado al miembro superior del Grupo Guadalupe, caracterizado por una sucesión continua de capas de areniscas limitadas en la parte superior por la formación Guaduas y en la parte inferior por la formación Plaeners. Ver (Fig 8) Edad campaniano – maestrichtiano. En algunos sectores, estas areniscas son explotadas como material de construcción.

En general, la secuencia se compone de un conjunto inferior constituido por areniscas cuarzosas, de grano fino a grueso, friable, de blancas a grises y en ocasiones amarillas por meteorización.

Este conjunto en su parte superior presenta bancos espesos de lodolitas silíceas. Y está compuesto por areniscas cuarzosas, ocasionalmente conglomeráticas, intercaladas con arcillolitas grises claras.

Suprayace concordantemente a la formación Plaeners.



Fig 8. Contacto entre Formaciones Labor y Tierna y Guaduas.
Tomada de Informe Geología Sabana de Bogotá. INGEOMINAS 2005

Formación Guaduas (TKgu)

Redefinida por Hubach (1957). Su secuencia tipo, aflora en el municipio de Guatavita (Cundinamarca).

Comprende paquetes arenosos dentro de cuerpos arcillosos, un rasgo característico de esta unidad, es la presencia de mantos de carbón. Ver (Fig 9)
En el sector de interés, ésta unidad está cubierta por depósitos fluvioglaciares y por suelos residuales. Y además se pueden diferenciar tres conjuntos:

- Un conjunto inferior, compuesto por arcillolitas grises y amarillas que presentan costras de hierro y en contacto tanto en la parte superior como en la inferior con paquetes de arenisca.
Las areniscas pertenecientes a éste conjunto inferior, son cuarzosas y de grano fino a conglomeráticas.
- El conjunto medio, predominantemente arenoso, se conoce como la “Arenisca guía” (Julivert 1963). Está constituido por areniscas cuarzosas, cementadas, de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas, intercaladas con arcillolitas grises.
- El conjunto superior, cubierto por depósitos cuaternarios, está constituido principalmente por arcillolitas grises, rojas y marrones intercaladas con areniscas. Ocasionalmente se observan afloramientos donde se presentan únicamente lodolitas de diferentes colores.

El contacto de esta unidad con el miembro superior del Grupo Guadalupe es neto o fallado y con la Formación Cacho de normal a concordante.



Fig 9. Afloramiento Formación Guaduas.

Formación Cacho (Tpc)

Hubach (1957). Se trata de una arenisca de color pardo a blanco interestratificada con lutitas de color claro. Ver (Fig 10)

Compuesta por bancos de areniscas de grano medio a conglomeráticas, de color café, con presencia local de cemento ferruginoso y abundantes intercalaciones de arcillolitas.

En algunos sectores, predominan las arcillolitas sobre las areniscas, sin embargo en la parte inferior de la unidad, predominan gruesos bancos de arenisca con matriz arcillosa.



Fig 10. Afloramiento de la formación Cacho (Tpc), sobre la vía que conduce de Bogotá a Usme

Formación Bogotá (teb)

Edad asignada a esta unidad, paleoceno inferior – eoceno. Redefinida por Hubach (1957).

Ha sido descrita como un conjunto de arcillas abigarradas, principalmente rojas, intercaladas con areniscas de pocos metros de espesor.

En esta unidad se evidencian dos conjuntos principalmente, uno inferior, constituido por unas alternancias de areniscas cuarzo feldespáticas, grises claras, verdosas y amarillentas, de grano fino en la base y conglomeráticas en el techo y arcillolitas de colores gris, negro y violáceas o amarillentas cuando están meteorizadas.

El conjunto superior es predominantemente arcilloso y frecuentemente se presenta enmascarado por depósitos cuaternarios.

La Formación Bogotá se encuentra en contacto normal con la formación Arenisca del Cacho y discordante con la formación Arenisca de la Regadera, según Julivert (1963).

Formación arenisca de la Regadera (Ter)

Redefinida por Julivert (1963), con una edad eoceno medio.

Morfológicamente se caracteriza por sus crestones prominentes. La localidad tipo se ubica en el embalse La Regadera, y se define como un conjunto de bancos de areniscas con tamaños de grano variables, con alternancias de conglomerados y niveles de arcillolitas abigarradas. El conjunto de areniscas más grueso y continuo se define en la parte basal de la unidad. Ver (Fig 11 y Fig 12)

Su contacto con la Formación Bogotá es discordante y con la Formación Usme es concordante.



Fig 11. Escarpe estructural que permite visualizar un afloramiento de la Arenisca la Regadera



Fig 12. Afloramiento Arenisca la Regadera (Ter). Tomada de www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/pdf_entrenubes/a3.pdf -

Formación Usme (Tsu)

Redefinida por Julivert (1963). Su localidad tipo se encuentra en el sinclinal de Usme, al sur de Bogotá.

La parte inferior de la unidad está compuesta principalmente de lutitas, intercaladas con areniscas de grano fino. Y la parte superior consta de areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomeráticas. Ver (Fig 13).

Su contacto con la Formación Arenisca la Regadera es normal y localmente gradacional.



Fig 13. Afloramiento miembro inferior Formación Usme

Depósitos cuaternarios

Formación Tilatá (QTt)

Edad asignada plio –pleistoceno. Corresponde al primer ciclo de depositación en la Sabana de Bogotá. Se caracteriza por la presencia de cantos redondeados a subredondeados de areniscas y limolitas, rodeados por una matriz arcillo limosa. Se presentan interestratificadas areniscas conglomeráticas y arcillolitas.

Depósitos Fluvioglaciares (Qflg) Y Depósitos de Abanico Aluvial (Qaa)

Localizados al sur de la cuenca y en el cierre sur del sinclinal Usme – Tunjuelito y en otros sitios de la zona.

Básicamente son depósitos de gran extensión, cuya composición son bloques y fragmentos de areniscas en matriz limo arenoso. En algunos sectores, estos depósitos se presentan bastante heterogéneos en selección y composición, y ocasionalmente se pueden encontrar en el área niveles constituidos por cantos redondeados. Ver (Fig 14)

Los depósitos fluvioglaciares que alcanzaron las partes bajas del valle del río Tunjuelito, forman el “Cono del Tunjuelo”, que junto con otros como el cono de Soacha y el de Terreros, se agrupan en la unidad, Depósitos de Abanico Aluvial (Qaa). Ver (Fig 15)

El cono del Tunjuelo, es el que presenta el mayor espesor y está compuesto por una secuencia de sedimentos finos, que reposan sobre el material más grueso, compuesto por bloques ligados por una matriz areno arcillosa.

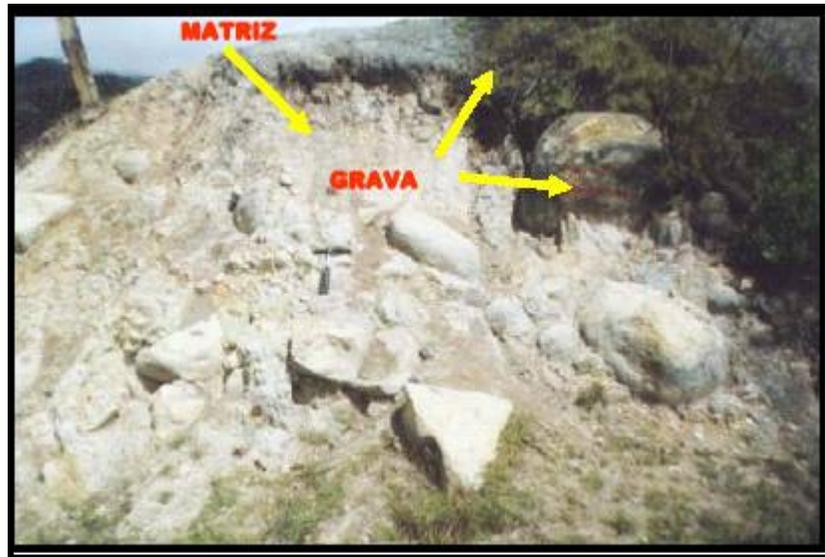


Fig 14. Conos del Tunjuelo

Los otros conos presentan menor espesor y están formados en general por material de grano más fino.



Fig 13. Depósitos (Explotación material para construcción)

Depósitos de terraza alta (Qta)

Definidos por Julivert, (1961) se ubican en el embalse del Muña y en algunos sectores del Valle del río Tunjuelito.

Están conformados por arcillas, limos, arenas y gravas, generalmente cubiertos por vegetación.

Depósitos coluviales (Qc)

Depósitos formados como resultado de la desintegración y arrastre que han sufrido los materiales de las unidades litológicas, en zonas de alta pendiente, lo que favorece su desplazamiento por gravedad.

Existen en el área dos tipos de depósitos, los coluviones como tal en donde predomina la matriz sobre los bloques y guijos y talus donde sobresalen los bloques en relación con la matriz.

Depósitos aluviales (Qal)

Ocupan los valles de todos los ríos y quebradas de la zona. Están compuestos por arenas, limos y gravas.

En el valle del río Tunjuelo, el origen de estos depósitos es a partir de la disección y erosión de los depósitos de abanico y terrazas altas. Ver (Fig 16)



Fig 16. Depósitos aluviales Río Tunjuelo

4.1.7.2 Geología estructural

El estilo estructural de la zona se caracteriza por la presencia de estructuras de tipo plegamiento como el sinclinal Usme – Tunjuelito y una segunda al occidente del mismo, afectadas por numerosas fallas. Ver (Fig 17)

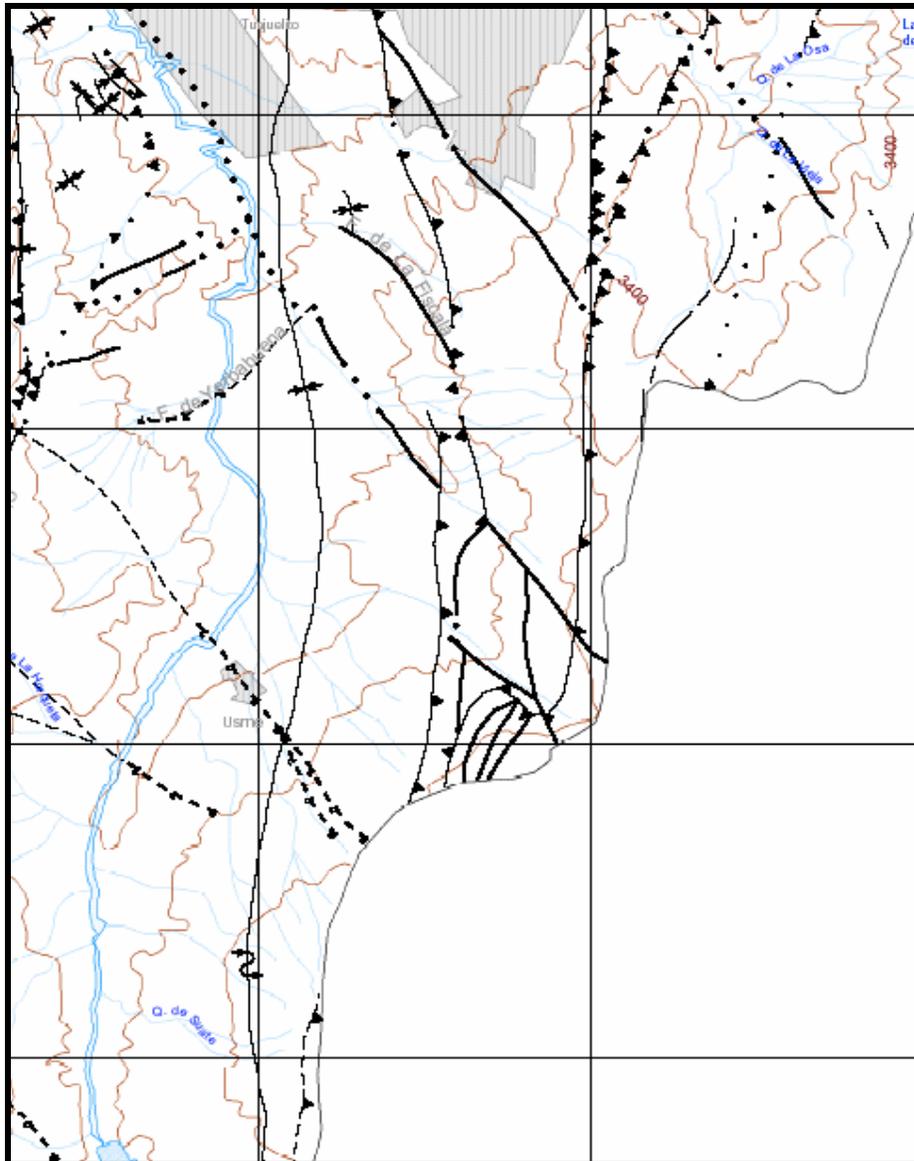


Fig 17. Principales Estructuras Geológicas en el área de estudio.

Tomado GEOLOGICA (MAPA GEOLOGICO DE INGEOMINAS. 1:100.000)

www.ingeminas.gov.co/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,4587/Itemid,178

Pliegues

Sinclinal Usme – Tunjuelito

Estructura amplia que domina toda el área, su eje tiene una orientación aproximada de N20E.

Se encuentra limitado en sus flancos por fallas, al oriente por la falla de Bogotá que es de cabalgamiento y al occidente por la falla del Mochuelo.

En términos generales, tanto el núcleo como los flancos del sinclinal de Usme – Tunjuelito están conformados por rocas terciarias y en menor porcentaje por unidades cretácicas. En el núcleo se encuentra la formación Usme, cubierta a su vez por depósitos fluvioglaciares y el Cono del Tunjuelo.

En el flanco occidental del sinclinal, sobresale un bloque levantado donde afloran rocas del Grupo Guadalupe y de la Formación Guaduas. Se presentan allí, una serie de plegamientos y fallamientos producto del estilo estructural compresivo, imperante en la zona anticlinales y sinclinales limitados por fallas transversales y longitudinales.

Las principales estructuras son los anticlinales de Piedra Parada, Cheba, Soacha, Tiboral, Aguas Blancas y los Sinclinales de Soacha, el Peñon – Sibaté y San Miguel.

Anticlinal de Piedra Parada

En su núcleo se encuentra la Formación Arenisca Dura y en sus flancos afloran las Formaciones Plaeners, Labor y Tierna. El flanco occidental está cubierto por depósitos y suelos residuales. La estructura está cortada al norte por la falla de la quebrada Chaque.

Anticlinal de Cheba

Afectado por numerosas fallas, razón por la cual presenta sus flancos invertidos.

Se encuentra limitado al oriente por la falla inversa de El Mochuelo, al occidente por la falla de Soacha y al sur por la falla de Quiba.

Sinclinal de Soacha

Esta estructura da origen al valle del río Soacha. Su núcleo está formado por arcillolitas de la formación Guaduas. Sus flancos están disectados y limitados por fallas como la de Fusungá al oriente y la de Soacha al occidente.

Anticlinal de Soacha

Su núcleo está formado por rocas de la formación Chipaque y en sus flancos afloran rocas del grupo Guadalupe.

Al oriente limitado por la falla de Soacha que pone en contacto el Grupo Guadalupe con la formación Guaduas.

Se encuentra intervenido por numerosas fallas transversales que desplazan su eje.

Anticlinal de Tiboral

Es una estructura relativamente pequeña, cuyo origen y fin parece ser una falla. En el núcleo se encuentra la Arenisca dura y en el flanco sur la formación Labor y tierna.

Sinclinal El Peñón – Sibaté

Esta estructura aparece fosilizada por la Formación Tilatá.

Anticlinal de Aguas Blancas

Su núcleo en general está formado por la Arenisca Dura. Al norte se presenta una inversión en su flanco occidental donde es sepultado por la Formación Tilatá para finalmente terminar abruptamente contra una falla sinestral.

Sinclinal de San Miguel

Está conformado hacia el eje por la Formación Plaeners y hacia sus flancos por la Arenisca Dura. Y al norte cubierto por la Formación Tilatá, en una situación de cierre semejante a la de la estructura anterior.

Anticlinal de San Miguel

Formado por la Formación Arenisca Dura, en el flanco oriental, hacia el norte por el mismo flanco oriental, se encuentra la Arenisca dura en contacto fallado con la Formación Plaeners.

Fallas

Falla de Bogotá

Es una de las más importantes, por su gran extensión. Es de tipo inverso y afecta el sector oriental del sinclinal Usme - Tunjuelito.

Sirve de contacto entre las Formaciones Arenisca Dura y Bogotá. A lo largo de su recorrido, se ramifica generando varias fallas satélites que ponen en contacto las rocas del Grupo Guadalupe con la Formación Bogotá.

En algunos sectores se encuentra sepultada por depósitos fluvioglaciares, que cubren el contacto entre las unidades anteriormente mencionadas.

Falla de Bocagrande

Es una falla de tipo inverso, que se ubica al oriente de la falla de Bogotá y afecta las formaciones Arenisca Dura, y Chipaque.

Falla de la Nutria

Es una falla local, que afecta únicamente la Formación Arenisca de la Regadera.

Falla de el Mochuelo

Falla de tipo inverso. Sirve de contacto entre el Grupo Guadalupe y la formación Bogotá hacia el sur y la Formación Guaduas con la Formación Bogotá hacia el norte.

Falla de Sucre

Afecta el flanco oriental del anticlinal de Cheba. Hacia el norte se encuentra cubierta por el relleno cuaternario y es cortada por la Falla Terreros.

Falla de Calderón

Se trata de una falla de movimiento vertical que se evidencia en el hecho de que el bloque oriental desciende con respecto al occidental.

Falla de Terreros

Falla de tipo inverso que afecta el flanco oriental del anticlinal de Cheba.

Falla de Limas

Causa poco desplazamiento en la secuencia estratigráfica y su plano de falla es verticalizado.

Falla de la Primavera

Es una falla con actividad reciente, que se evidencia porque afecta los depósitos cuaternarios.

Falla de Yerbabuena

Corta los depósitos cuaternarios.

Falla de Quiba

Genera desplazamientos en el cierre del sinclinal de Soacha y el anticlinal de Cheba, cortando las rocas del Grupo Guadalupe y la formación Guaduas.

Falla de Fusungá

Fallamiento de tipo inverso, que causa el levantamiento del anticlinal de Cheba. Al norte pone en contacto el miembro superior del Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas y hacia el norte la Arenisca Dura y la Formación Guaduas.

Falla de Soacha

Fallamiento de tipo inverso que pone en contacto el Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas.

Falla el Cabra

Pone en contacto el miembro superior con el inferior del Grupo Guadalupe.

Falla de Chisacá

Falla de cabalgamiento, localizada al oeste del anticlinal de Soacha y en donde están en contacto la formación Plaeners y la formación Labor y Tierna.

En otros sectores más hacia el sur puede encontrarse poniendo en contacto la Arenisca Dura con la Formación Labor y Tierna.

Falla de el Peñon

Ubicada en el sector oriental del sinclinal de El Peñón y poniendo en contacto la Formación Arenisca Dura, con la Formación Labor y Tierna.

Falla la Libertad

Se trata de una estructura de tipo inverso, presente en el flanco oriental del sinclinal de San Miguel.

Pone en contacto las Formaciones Arenisca Dura y Labor y Tierna. En algunos sectores está cubierta por la Formación Tilatá.

Falla de Sabaneta

Ubicada al oriente del sinclinal San Miguel. Es una falla de cabalgamiento.

4.1.7.3 Análisis Estructural

Dada la complejidad estructural del área donde se encuentra ubicada la cuenca del río Tunjuelo y en general toda la sabana de Bogotá, es muy difícil conocer de manera precisa la geometría de los acuíferos y el comportamiento del flujo de aguas subterráneas que viaja desde la zonas de recarga.

En términos generales, la sabana de Bogotá posee un estilo estructural compresivo, caracterizado por numerosos plegamientos, y fallas de tipo inverso. Estas últimas en muchas ocasiones cortadas por fallas transversales que dan origen en la Sabana a bloques aislados, razón por la cual los acuíferos, quedan separados e incomunicados de la zona de recarga.

Esto implica que si se quiere tener un mayor conocimiento de los acuíferos y las direcciones de flujo de las aguas subterráneas se efectúe un estudio del comportamiento de estas estructuras geológicas y de la geometría de los acuíferos.

4.2 Marco Conceptual

4.2.1 Vulnerabilidad

El término vulnerabilidad se comenzó a utilizar a partir de la década de los 70's en Francia (Albinet y Margat, 1970) y posteriormente con mas importancia en la década de los 80's (Haertle, 1983; Aller *et al.*, 1987; Foster e Hirata, 1988).

Inicialmente el término carecía de una función formal definida, aunque hacía referencia a la susceptibilidad del acuífero a ser afectado por la contaminación.

Al no existir un consenso en su terminología, fue utilizado por diferentes personas de manera diferente. Una definición útil y consistente sería considerar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero como: *aquellas características intrínsecas de los estratos que separan la zona saturada del acuífero de la superficie del terreno, lo cual determina su sensibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante aplicada en la superficie* (Foster, 1987).

En este sentido, el peligro de contaminación del agua subterránea se definiría como la probabilidad de que el agua subterránea en la parte superior de un acuífero sea contaminada en un nivel inaceptable por las actividades que se desarrollan en la superficie del terreno suprayacente (Foster e Hirata, 1988; Adams y Foster, 1992).

Posteriormente dos importantes grupos de profesionales revisaron y se pronunciaron sobre la aplicabilidad del concepto de vulnerabilidad resaltando su utilidad (NRC, 1993; IAHVrba y Zaporozec, 1994). Sin embargo faltó definición en aspectos relacionados directamente con el impacto potencial de las decisiones del uso del territorio suprayacente al acuífero.

Es importante aclarar que para efectos del desarrollo de este proyecto y teniendo en cuenta la metodología empleada, la definición del término vulnerabilidad que más se adapta es la propuesta por Foster e Hirata (1987).

Por otra parte se consideró que en el concepto de vulnerabilidad debería incluirse un factor que represente la movilidad natural y persistencia de los contaminantes en la zona saturada. Sin embargo, esto no parece que contribuya, desde una perspectiva útil, al mapeo de vulnerabilidad como herramienta en la planificación y control de actividades en la superficie del terreno.

Para la definición de un camino a seguir, con el propósito de generar una metodología adecuada para el estudio de vulnerabilidad, se presenta tres leyes fundamentales de los acuíferos (Foster e Hirata, 1988):

- Todo acuífero tiene algún grado de vulnerabilidad a la contaminación
- Cualquier evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos contiene incertidumbres
- En los sistemas más complejos se corre el riesgo de que al evaluar la vulnerabilidad lo obvio sea velado y lo sutil no se distinga.

Por otra parte, un índice absoluto de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos es mucho más útil que los índices relativos para todas las aplicaciones

prácticas en la planificación del uso del territorio y el control de las descargas de efluentes.

Además, un índice absoluto integrado puede ser desarrollado siempre que cada clase de vulnerabilidad esté definida en forma clara y concreta. De esta manera es posible superar la mayoría (sino todas) las objeciones comunes en el uso de un índice de vulnerabilidad absoluto integrado como marco de referencia para la evaluación del peligro de contaminación de las aguas subterráneas y formulación de políticas de protección.

El método GOD (por sus iniciales en inglés: *Groundwater, overall, Depth*; (DIOS- según la versión en español de los manuales del CEPIS-OPS) para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos ha sido ampliamente probado en América Latina y el Caribe durante la década de los 90's. Debido a su claridad conceptual y a su simplicidad de aplicación, el método considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero.

El índice de vulnerabilidad GOD (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988) caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables).

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración.
- Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de características litológicas y grado de

consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes

- Distancia al agua determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados.

Consecuentemente, la estimación del índice de vulnerabilidad GOD (Foster e Hirata, 1988) involucra una serie de etapas concretas:

1. Identificar el grado de confinamiento hidráulico del acuífero y asignarle un índice a este parámetro en una escala de 0 a 1
2. Especificar las características del sustrato suprayacente a la zona saturada del acuífero en términos de: (a) grado de consolidación (teniendo en cuenta la probable presencia o ausencia de permeabilidad por fisuras) y (b) tipo de litología (considerando indirectamente porosidad efectiva, permeabilidad de la matriz y contenido de humedad en la zona no saturada o retención específica) y, asignar un índice a este parámetro en una escala de 0.4 a 1,0
3. Estimar la distancia o profundidad al nivel del agua (en acuíferos no confinados) o profundidad al techo del primer acuífero confinado, con la consiguiente asignación de un índice en una escala de 0.6 a 1.

Los estudios de vulnerabilidad, forman parte de la evaluación de los efectos ambientales. Son empleados para establecer los impactos ambientales que pueden causar ciertas actividades en las aguas subterráneas.

Ellos incluyen tanto la evaluación de las condiciones hidrogeológicas del área potencialmente afectada, como la capacidad de depuración del suelo y los riesgos de contaminación de los acuíferos y pérdida de la calidad del agua.

El concepto vulnerabilidad implica una medida de tipo cuantitativo o cualitativo de la facilidad con que se puede afectar el entorno. Indica el potencial daño, deterioro o degradación.

Por tanto es preciso hacer referencia a la susceptibilidad que tiene el ambiente o un ecosistema a ser deteriorado.

Desde que se introdujo por primera vez el término “vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos”, en el año 1968 por Margat, en torno a el se han desarrollado distintas definiciones, metodologías y clasificaciones, algunas de ellas orientadas a su representación a partir de mapas.

No obstante, hasta el momento no ha sido posible precisar el alcance del término y los investigadores en el tema se han dividido en dos corrientes la primera de las cuales sostiene que la vulnerabilidad, está en función exclusivamente de las propiedades del medio natural y la otra corriente considera que la vulnerabilidad no sólo depende de la geología del sitio sino también de las cargas contaminantes aplicadas sobre el suelo que potencialmente puedan afectar el acuífero.

4.2.2 Tipos de vulnerabilidad

Intrínseca o natural.

Aquella que depende exclusivamente de las condiciones naturales del acuífero.

Está en función de parámetros como la recarga, el tipo de suelo y las características del acuífero y la zona no saturada.

También se consideran otros parámetros como la topografía, las propiedades de la unidad subyacente al acuífero y el contacto con otros cuerpos de agua.

Vulnerabilidad Específica

Es aquella que considera a un contaminante o contaminantes de propiedades similares.

Riesgo:

Para Foster (1987), riesgo es el peligro de deterioro de la calidad del acuífero, por la existencia real o potencial de contaminantes en el medio.

Otros autores como Vrba y Zaporozec, asimilan el riesgo a vulnerabilidad específica, referido al peligro de contaminación del agua subterránea con respecto a un contaminante o familia de contaminantes de características y propiedades similares. Vgr (nitratos, hidrocarburos, plaguicidas, materia orgánica). (Ver tabla 4)

Tabla 4 .Posiciones respecto al tema de la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Intrínseca (incluye características del medio únicamente)	Vulnerabilidad Específica (Considera tanto las características del medio como la carga contaminante.	Vulnerabilidad a la contaminación (contaminantes)
Albinet y Margat (1970). La cartografía de vulnerabilidad consiste en una representación en mapas de diferentes grados de vulnerabilidad en función de las condiciones hidrogeológicas del acuífero.	Vrba y Zaporozec (1994). Para ellos, la vulnerabilidad del agua subterránea depende de la sensibilidad del medio a los impactos humanos y naturales.	Carbonell (1993), define vulnerabilidad como la tendencia de los contaminantes a localizarse en el sistema de agua subterráneas, posteriormente a ser introducidos sobre el acuífero más superficial.

	<p>Foster e Hirata (1991), según estos autores, la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación depende de su sensibilidad a ser afectado por una carga contaminante impuesta. (sustancias artificiales)</p>	
	<p>Custodio (1995), afirma que la vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema para absorber alteraciones, tanto naturales como artificiales.</p>	
	<p>EPA (1991). La definición de vulnerabilidad para ésta agencia, se basa en la facilidad con que un contaminante aplicado en superficie, puede alcanzar al acuífero, restringiendo este criterio a las actividades agrícolas y a la aplicación de plaguicidas.</p>	

4.2.3 La Conectividad ambiental y su aplicación en la planificación territorial

La Ecología del paisaje, hace referencia a la conectividad del territorio y a sus relaciones con los procesos ecológicos, por tanto, su conocimiento es fundamental, para garantizar la conservación no sólo considerando las especies y sus hábitats, sino también procurando mantener un equilibrio en los procesos ecológicos y la permanencia de la oferta de bienes y servicios ambientales.

Los programas de conservación de componentes espaciales (especies, Comunidades, bienes y servicios ambientales), deben tener en cuenta la permanencia y normal desarrollo de los flujos del paisaje ya que de esto depende el normal funcionamiento de los ecosistemas. Estos flujos incluyen entre otros, los factores físicos hídricos, relacionados con los flujos de agua superficiales y subterráneos, que son de especial interés dentro de este trabajo.

Estos flujos pueden verse alterados por la estructura del paisaje, por ejemplo los corredores ecológicos favorecen la conectividad del territorio y la barreras bien sea naturales o artificiales asociadas a actividades humanas, interrumpen dichos flujos debido a que causan fragmentación del paisaje.

Según algunos autores como Hill, (1.995), la existencia de conectividad es lo que garantiza el correcto funcionamiento de los ecosistemas, gracias a la permanencia de flujos de materia y energía y esto a su vez influye en la respuesta de los paisajes frente a deficientes manejos políticos o económicos.

Aunque la gestión del territorio se ha basado esencialmente en la definición de espacios protegidos, ciertos procesos ecológicos dependen de dinámicas horizontales que conectan unas porciones del espacio con otras, a veces muy alejadas entre sí Pineda (2003), siendo difíciles de visualizar e incorporar conceptualmente.

Los sistemas de recarga y descarga de aguas subterráneas, funcionan como dinamizadores horizontales del territorio, sin embargo sobre esto queda mucha tarea pendiente desde la perspectiva de la incorporación de estos conceptos en la gestión territorial (Llamas, 1988).

Se deben definir entonces unos límites que permitan una interacción adecuada que no interrumpa la funcionalidad de las tramas ecológicas espaciales (Pineda y. Schmitz 2003) y que permitan mantener la salud del ecosistema entendida como la capacidad de soportar a lo largo del tiempo un estrés generado desde el exterior (Constanza ,1992)

Según Pineda (2003) la gestión del territorio responde a un interés de mantener las estructuras espaciales y los diferentes niveles de conectividad o dinámicas y “cualquier política que asigne funciones genéricas a ese territorio, previendo determinados usos y descartando otros, debería basarse en la salvaguarda de su salud”. De esta manera se puede definir los usos más adecuados de este.

En este sentido la planificación del territorio debe partir de una identificación de sus componentes estructurales y funcionales, un análisis sistémico de sus relaciones e interacciones y la modelación de diferentes escenarios hipotéticos de interacción desde una visión que conjugue componentes naturales, culturales y físicos.

4.2.4 Gestión integrada de aguas subterráneas

El diseño y ejecución de planes de gestión del agua subterránea, persigue además de la protección del recurso, que se tengan en cuenta las necesidades de los usuarios y se promueva el uso eficiente del agua, con el fin de asegurar una oferta permanente de este bien ambiental, garantizando además un mejoramiento

en las condiciones de saneamiento, de tal forma que se generen condiciones que faciliten el desarrollo económico sin afectar la sustentabilidad ambiental.

La Gestión integrada de las aguas subterráneas, se basa en el uso de herramientas como los mapas de vulnerabilidad, el inventario y control de cargas contaminantes y el monitoreo de los acuíferos, para poder tomar decisiones relacionadas con la restricción de actividades antrópicas que afecten la calidad del recurso, además de la implementación de otras medidas que incluyan el cambio de procesos productivos, técnicas de riego más eficientes y el cobro de tarifas y multas.

El conjunto de medidas adoptadas a partir de los planes de gestión del recurso hídrico subterráneo, debe responder a un diagnóstico del sistema ambiental y de la problemática a resolver, considerando tanto el contexto natural como el contexto social, además del marco normativo e institucional, de tal manera que su implementación sea viable.

Se hace referencia a gestión integrada del recurso, porque se busca la solución a la problemática del agua subterránea, con una visión integral y en la cual siempre tiene cabida la participación de todos los actores que tienen de alguna manera relación con el recurso (Paris, 2007).

Foster junto con su grupo de colaboradores del Banco Mundial (The Groundwater Management Advisory Team “GW•MATE”) han trabajado en la formulación de estrategias de gestión, que pueden ser aplicados a casos genéricos en los que exista la iniciativa de gestión del recurso.

Se plantean escenarios de gestión que involucren un uso adecuado del recurso adoptando un enfoque socialmente sustentable que habla de “un minado de las reservas del acuífero que interprete el término sustentabilidad desde el ámbito

social y no físico, ponderando los beneficios inmediatos sobre los impactos negativos de la explotación” (Foster 2006)⁶. Este enfoque plantea la necesidad de incorporar a la sociedad de manera activa en los objetivos de gestión del recurso, con el fin de obtener no solo la disponibilidad y calidad del recurso en el tiempo, sino también la permanencia de los modos y costumbres asociadas a este, lo que Foster llama sustentabilidad social del recurso.

Una definición que recoge todos los aspectos que caracterizan la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), es la propuesta por la Asociación Mundial del Agua, que la plantea como “el proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”⁷

4.3 Marco Antecedentes

A nivel mundial muchos países han comenzado a investigar todo lo relacionado con el comportamiento de los acuíferos y el impacto que tiene sobre ellos el desarrollo de ciertas actividades humanas.

Países como España han prestado especial interés a la problemática de la contaminación de acuíferos, llegando a conclusiones importantes acerca de las características, comportamiento y la manera como los contaminantes generados por las actividades humanas llegan a ellos.

⁶ FOSTER: Gestión del recurso hídrico subterráneo EN: Gestión sustentable del Agua Subterránea. Conceptos y Herramientas. GW-MATE Banco Mundial

⁷ ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (GWP): Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). EN: Aguas subterráneas, Gestión Integrada y Sustentabilidad Ambiental. I Congreso Internacional del Agua y el Ambiente.

En la investigación desarrollada por Herraéz y Monterroso (2000) en la comunidad de Madrid, se trata una de las problemáticas más representativas relacionadas con la contaminación de acuíferos en áreas urbanas, como resultado de la disposición y manejo de los residuos urbanos y el desarrollo de nuevas tecnologías implementadas para mitigar el impacto de este tipo de actividad sobre los acuíferos.

Pancescu, (2001) obtuvo a través de la utilización de tecnología SIG, un caracterización detallada de la vulnerabilidad de los acuíferos de la planicie de Mostistea Rumania, con el propósito de implementar planes de manejo adecuado del recurso para la ciudad de Bucarest.

En Latinoamérica la investigación ha tenido fuerte acogida, en países o regiones, donde las condiciones hidrológicas, han derivado importancia relevante a la explotación del recurso.

Rodríguez y Candela (1998) del Instituto Superior Minero Metalúrgico Las Coloradas, Cuba, presentan un estudio acerca de la contaminación por lixiviados de minería en el acuífero aluvial del Río Moa. La minería, seguida de la agricultura es la actividad humana que más contaminación genera en los acuíferos y la que más afecta la calidad del agua. Son los lixiviados resultado de las actividades mineras, los que generan concentraciones altas de metales pesados (Cr, Mn, Ni, Fe). La presencia de dichos contaminantes genera cambios en el equilibrio geoquímico y pueden dar origen a reacciones de tipo oxidación – reducción, disolución – precipitación, floculación y digestión de coloidea entre otras.

Pérez, (2004) realizó el estudio “Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán”, que se basó en la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea usando las metodologías AVI, GOD y DRASTIC. Los resultados mostraron que

DRASTIC fue la metodología más adecuada para caracterizar la vulnerabilidad intrínseca en el estado de Yucatán en función de los datos hidrogeológicos existentes para la zona. De igual manera se determinó y realizó el mapa de distribución espacial de concentración de nitratos. Los resultados mostraron que la vulnerabilidad se encontró en rangos altos para todo el estado de Yucatán y que la concentración de nitratos presentó un comportamiento homogéneo.

Para Colombia, se encuentran ciertos avances en materia de estudios de vulnerabilidad a partir de los noventas, patrocinados especialmente por Ingeominas y algunas universidades y sus grupos de hidrología.

Donado (1999) junto con un equipo de la Universidad Nacional, produjo una recopilación de los estudios de caso más relevantes a nivel nacional, relacionados con la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación empleando las metodologías GOD y DRASTIC.

Vargas (1993), realizó la evaluación del riesgo de contaminación de la zona Muña – Sibaté, para lo cual determinó la vulnerabilidad de los acuíferos con el método GOD, y como conclusión se obtuvo que el índice de vulnerabilidad muestra una clasificación de mínima a moderada, en los acuíferos cretácicos y baja en los cuaternarios.

Durante el año 1996, INGEOMINAS (Informe 2276), realizó un estudio denominado “Estudio hidrogeológico en la periferia de Santafe de Bogotá y algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua”. Con el fin de proporcionar información acerca del potencial hídrico de estas zonas periféricas, para el posterior diseño de acueductos.

Este informe contiene caracterizaciones de tipo hidrogeoquímico y geoelectrico de los acuíferos de la zona de estudio, además de la evaluación de la vulnerabilidad

de los mismos a la contaminación, por este motivo algunos de los datos empleados para el desarrollo de este trabajo son extractados de este documento.

Cadena (1998), efectuó un estudio de “Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la Estación número uno de un campo petrolero en Sabana de Torres Santander”, determinando índices de vulnerabilidad haciendo uso de la simulación del acuífero.

En el marco del trabajo efectuado por INGEOMINAS en el año 2002, para llevar a cabo la delimitación de áreas potenciales y la selección de áreas favorables para la futura ubicación de relleno sanitario de la ciudad de Ibagué (Tolima), se realizó un estudio de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación. Incluyó características relacionadas con variables geológicas, hidrometeorológicas combinadas con el empleo de técnicas de geofísica y estudios hidrogeoquímicos.

El área caracterizada fue la correspondiente al abanico de Ibagué, dando como resultado que en las áreas que presentan moderada vulnerabilidad se debía restringir la ejecución de actividades potencialmente contaminantes.

Espiella y Galarcio (2005), en su trabajo de grado en Geografía de la Universidad de Córdoba, implementaron un sistema de Información geográfica, para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación en las poblaciones de Chinú y Sahagún.

Para el desarrollo de la metodología le fueron asignados a las variables que se tienen en cuenta en la metodología GOD, valores índices entre 0 y 1. Esos índices posteriormente se multiplican entre sí dando como resultado la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

Con el fin de efectuar la modelación cartográfica se emplean como insumos el mapa geomorfológico, inventario de puntos de agua y mapa de sondeos eléctricos verticales (SEV), mediante el cruce de esta información se obtiene la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. Los mapas se realizaron empleando los software Arcview 3.3, ILWIS 3.2 y SURFER 7.0.

A continuación se presenta una matriz de recolección bibliográfica con la cual se selecciona la bibliografía para construir el marco referencial.

La siguiente matriz recoge los estudios a nivel nacional que han sido revisados y estudiados para la construcción del marco de antecedentes.

Tabla 5. Matriz de recopilación bibliográfica

<i>Autor/ Año /Titulo</i>	<i>Alcance Geográfico</i>	<i>Tema</i>	<i>Resultados</i>
Donado , L 2000 Riesgo de contaminación	Colombia	Las principales metodologías de evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos. Los principales estudios de caso en los que se han aplicado las metodologías de evaluación. Y se hace referencia a las debilidades presentadas en los	Se realiza una comparación de tres metodologías usadas para la evaluación de vulnerabilidad de acuíferos: GOD. DRASTIC y NRA Se hace referencia a que los estudios de vulnerabilidad realizados en el Muña (Evaluación del riesgo de contaminación de los acuíferos cuaternarios de la zona Muña-Sibaté, Vargas 1993) y en Chile (Riesgo de contaminación del acuífero de Santiago de Chile, Merino

		tres casos.	1994) no presentan un análisis de riesgo. Se presenta un estudio de vulnerabilidad en la isla de San Andrés ,en donde fue posible realizar un análisis de riesgo y presentar además de los mapas de vulnerabilidad intrínseca se obtuvo una mapa de densidad de población relacionado con las principales actividades contaminantes
Autor/Año/ Titulo	Alcance Geográfico	Tema	Resultados
Vargas Maria Consuelo 1993 "Evaluación del riesgo de contaminación de los acuíferos cuaternarios de la zona Muña- Sibaté	Sabana de Bogotá, embalse del Muña su ronda hasta las inmediaciones del municipio de Sibaté.	Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación empleando la metodología de Foster e Hirata (1988) Goundwater Overall Depht (GOD), en la zona del embalse del Muña. Se caracterizaron las diferentes cargas de contaminantes al	Se hace referencia a los vertimientos líquidos industriales, como la actividad que potencialmente genera mas contaminación a los acuíferos de la zona, seguida de la represa del muña, el río Bogota y la quebrada Chusacá. Los acuíferos cretáceos presentan una vulnerabilidad de mínima a moderada y los acuíferos cuaternarios una vulnerabilidad baja.

		subsuelo provenientes de la actividad agrícola e industrial del sector.	Se determinó que los principales agentes contaminantes son el NH ₄ ⁺ , la DQO y agentes bacteriales.
Vargas María Consuelo 1996 Riesgo de contaminación de las aguas subterráneas de la isla de San Andrés	Isla de San Andrés, Colombia.	Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación utilizando la metodología GOD modificada DICTUC (1996). Se realizó un análisis de la carga contaminante por las diferentes actividades de la isla y se realizó una evaluación de riesgo	Se muestra una clasificación de vulnerabilidad sólo para los acuíferos superiores, y no para cada formación acuífera presente en la isla. El análisis de vulnerabilidad muestra que el acuífero de San Luís presenta una vulnerabilidad extrema, fomentada por la ubicación de los asentamientos humanos, en esta parte de la isla. El acuífero de San Andrés presenta vulnerabilidad alta. Las principales actividades contaminantes en la isla son: El saneamiento básico, el sistema de disposición de aguas residuales domésticas (alcantarillado y pozos sépticos), estos fueron clasificados con un índice de

			<p>peligro potencial, IPP. Como resultado de este análisis se construyó un mapa de densidad de población, mostrando las potenciales actividades contaminantes.</p> <p>La evaluación del riesgo se hizo superponiendo el índice de peligro potencial, con la vulnerabilidad obtenida.</p> <p>Las zonas de riesgo extremo cubren el sector Central y los sectores coincidentes con el acuífero de San Luís.</p> <p>La zona conformada por el acuífero de San Andrés fue catalogada como zona de alto riesgo.</p> <p>Las zonas de riesgo moderado, están caracterizadas por los depósitos cuaternarios.</p>
Autor/Año/Título	Alcance Geográfico	Tema	Resultados
Espriella , Jose Luís 2005	Sahagún y Chinú, Córdoba	Determinar la vulnerabilidad a la contaminación de	Es el valor más alto que se puede presentar en esta clasificación; está asociado a

<p>Implementación de un sistema de información geográfica para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación</p>	<p>Colombia</p>	<p>los acuíferos de Sahagún y Chinú, reside en la masiva utilización del recurso por parte de las comunidades, por tal motivo la Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge CVS, consciente de la necesidad de crear herramientas que permitan la planificación y administración eficiente de los recursos naturales</p> <p>Vulnerabilidad intrínseca</p>	<p>litologías muy permeables con grado de atenuación muy bajo y distancias al agua menores de 2 metros.</p> <p>En la zona de estudio estas áreas son reducidas, las secciones que la representan corresponden a 27,78 Km² ocupando el 1,78% del área. Se encuentran 8 aljibes, con niveles estáticos promedios de 4 metros y profundidades máximas de 12 metros, tienen litología asociada a sedimentos arcillo-arenosos, pertenecientes a depósitos aluviales.</p> <p>En cuanto a puntos de agua el tipo pozo no se encuentran dentro de la vulnerabilidad extrema.</p>
<p>CARSUCRE 2005 “Proyecto de protección integral de aguas subterráneas”</p>	<p>Acuífero Morroa Sector – Sincelejo-Corozal-Morroa</p>	<p>El acuífero de Morroa es el principal acuífero del Departamento y constituye la única fuente de abastecimiento de agua potable más</p>	<p>Proyecto PPIAS contribuir a la sostenibilidad de la oferta del agua subterránea tanto en calidad y cantidad del acuífero Morroa, para el abastecimiento de toda la población de la zona.</p>

		<p>asequible, de donde se abastecen más de 500.000 habitantes de las zonas urbanas y rurales</p> <p>Estrategias y programas de protección del acuífero de Morroa, como política ambiental de la Corporación con una visión de ordenamiento del recurso hídrico.</p>	
--	--	---	--

5. METODOLOGÍA

Fase 1. Documentación

Durante esta fase se llevó a cabo una revisión bibliográfica de trabajos realizados por diferentes instituciones relacionados con la Geología del área de estudio, sus características hidrogeológicas e hidrológicas y se analizaron investigaciones realizadas en el tema de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Las fuentes consultadas para la fundamentación teórica del trabajo fueron en su mayor parte de tipo secundario incluyendo trabajos de grado de la Maestría en Gestión ambiental de la Universidad Javeriana, Informes de entidades que trabajan en el área ambiental, libros y artículos de investigaciones realizadas a nivel internacional.

Para la descripción geológica del área de estudio y generación de mapas de vulnerabilidad se empleó como información base la cartografía geológica de Ingeominas y de la CAR que por su nivel de detalle hizo necesario el empleo de fotografías aéreas, fotografías de afloramientos e imágenes satelitales para depurar y seleccionar la información requerida y establecer puntos de control que fueron verificados durante el trabajo de campo.

Fase 2. Trabajo de Campo

En esta fase, se realizaron cuatro visitas al área de estudio, las dos primeras de reconocimiento y las dos últimas realizadas con el fin de verificar la concordancia de la cartografía geológica con las unidades litoestratigráficas que afloran en la

zona y tomar las muestras para analizar en el laboratorio de calidad de aguas de la universidad Javeriana.

Toma de muestras

Con el fin de tomar las muestras se seleccionó un sitio representativo dentro del área de interés y se obtuvieron según el protocolo de toma de muestras del IDEAM. Metodología de campo.

La selección de los sitios para el muestreo de la calidad de las aguas sub superficiales se diseñó a partir del modelo hidrogeológico conceptual y de los sistemas acuíferos presentes en la zona de estudio (vereda los Soches, vereda Olarte y casco urbano de la localidad de Usme)

Es importante destacar que las variaciones naturales de los niveles y la calidad de las aguas subterráneas están íntimamente relacionadas con las variaciones espaciales y temporales de variables meteorológicas e hidrológicas que definen las diferentes épocas climáticas⁸. Para el caso de la zona de estudio, se eligió el periodo comprendido en los primeros días del mes de Octubre de 2007 en los que la precipitación media alcanza los 1000 mm siendo uno de los meses de mayor precipitación en la zona⁹.

Desde el punto de vista hidrogeológico se reconoció el tipo de acuífero a monitorear teniendo en cuenta el marco geológico, geofísico y estructural y la vulnerabilidad y las fuentes potenciales puntuales y/o difusas de contaminación.

Basados en la información obtenida en el inventario de puntos de agua de la CAR se seleccionaron cuatro puntos distribuidos en la zona perimetral del casco

⁸ IDEAM , *Guía para el muestreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas* ⁸ pag 10

⁹ DAMA, Localidad 5: USME – Ficha Ambiental, 2003.

urbano en las veredas de los Soches (el Amoladero y Las Caquezas predio Sevilla), Olarte (predio la Victoria), y Usme centro. Los puntos se escogieron por su accesibilidad y por sus características geológicas. En cada punto, se tomaron mediciones de condiciones fisicoquímicas tales como, temperatura y pH, se tomaron muestras de agua en recipientes de 4 litros previamente lavados y preparados específicamente para cada prueba analítica (Fósforo Total y coniformes totales).

Se escogieron estos parámetros, con el fin de realizar una caracterización fisicoquímica de los puntos seleccionados. Adicionalmente se evaluó Fosforo total teniendo en cuenta que en los sitios muestreados se desarrollan cultivos de papa que demandan una gran cantidad de fertilizantes inorgánicos y orgánicos. Este mismo criterio sirvió para escoger la prueba microbiológica de coliformes totales.

De igual manera se consideró efectuar la prueba de nitratos, pero por inconvenientes de carácter técnico en el laboratorio donde se realizaron los análisis, no se pudo llevar a cabo la valoración de este parámetro.

De otra parte, como resultado de las visitas al Hospital de Usme, se obtuvo información relacionada con diferentes campañas de monitoreos de calidad de agua, realizados durante el año 2007 por parte de la oficina de Coordinación Ambiental del Hospital. Estos monitoreos incluyeron el análisis de otros parámetros como Hierro Total, Cloruros y *E. Coli* con los cuales se pudo completar la información obtenida en los análisis realizados en este estudio. (Ver anexo 2).

Esta información sirvió además, para identificar el porcentaje del agua proveniente de pozos y manantiales en uso actual, aceptable para el consumo humano y compararlo con los resultados obtenidos en el mapa de vulnerabilidad.

El lavado de los recipientes se realizó según recomendaciones de muestreo de la *Guía para el muestreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas*¹⁰ del IDEAM. En la tabla 6, se presenta una adaptación de las especificaciones para el lavado de recipientes. El material fue proporcionado por el laboratorio de análisis.

Tabla 6. Protocolo especificaciones lavado recipientes

Analito a determinar	Pretratamiento	Detergente	Observaciones	Enjuague
pH			Se tomo in situ y en laboratorio	
Alcalinidad		Biodegradable libre de fósforo al 5 % en agua fría		
Dureza Total		Biodegradable libre de fósforo al 5 % en agua fría		
Fósforo Total	Agua destilada	Biodegradable libre de fósforo al 5 % en agua fría	Sumergir en HCL al 10% durante 30 minutos	Agua destilada
Coliformes fecales	Esterilización	Biodegradable al 5 % en agua ligeramente caliente (50 °C)	No pasar por acido	Agua destilada

Las muestras se recolectaron de manera manual, inclinando cada recipiente 30⁰ a la superficie del agua. Los recipientes fueron llenados en su volumen total, tapados y posteriormente llevados a una nevera para su transporte al laboratorio.

¹⁰ IDEAM , *Guía para el muestreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas*¹⁰ pag 18

Las pruebas que se realizaron para cada analito se basaron en los métodos estandarizados de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 1996.¹¹ Los análisis se elaboraron en los laboratorios de la Universidad Javeriana, Departamento de Química.

Fase 3. Realización de los mapas de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación (método GOD)

Dado que en Colombia existen pocos estudios hidrogeológicos y con los que se cuenta para el desarrollo de este tipo de investigaciones son de escala muy regional, el método que mejor se ajustó para este caso particular, fue el GOD (groundwater, overall, depth), propuesto por Foster en 1987.

Para el desarrollo de esta metodología se evaluaron tres parámetros, a partir de los cuales se generaron las respectivas coberturas que sirvieron de base para la generación de los mapas de vulnerabilidad en el programa Arc View, versión 3.2.

El primero de los parámetros analizados tiene relación con el grado de confinamiento de los acuíferos, el segundo evalúa la zona no saturada, es decir en el se definen las características litológicas, el grado de compactación de los sedimentos, el grado de fracturamiento y en general todas aquellas propiedades del material geológico que inciden en la recarga de los acuíferos y se determina mediante estudios geoelectricos; el último parámetro es el nivel estático de los acuíferos libres, obtenido a partir de resultados de informes hidrogeológicos anteriores.

¹¹ Greenberg, Arnold, et, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*¹¹20th ed. 1996.

De acuerdo con las características y propiedades del material geológico presente en la zona de estudio, cada uno de los parámetros de evaluación según su contribución a la preservación de los acuíferos fue calificado con un puntaje de 0 a 1, donde el valor 1, indica vulnerabilidad extrema y el valor 0, nula; de la correlación de estos valores de cada uno de los parámetros se obtuvo el índice de vulnerabilidad.

Cuando los valores de indexación oscilan entre 0.7 y 1, se considera vulnerabilidad extrema, entre 0.5 y 0.7, vulnerabilidad alta, entre 0.3 y 0.5 vulnerabilidad moderada, entre 0.1 y 0.3 baja y menores de 0.1, la vulnerabilidad se considera despreciable. (Ver tabla 7)

Tabla 7. Indexación de valores

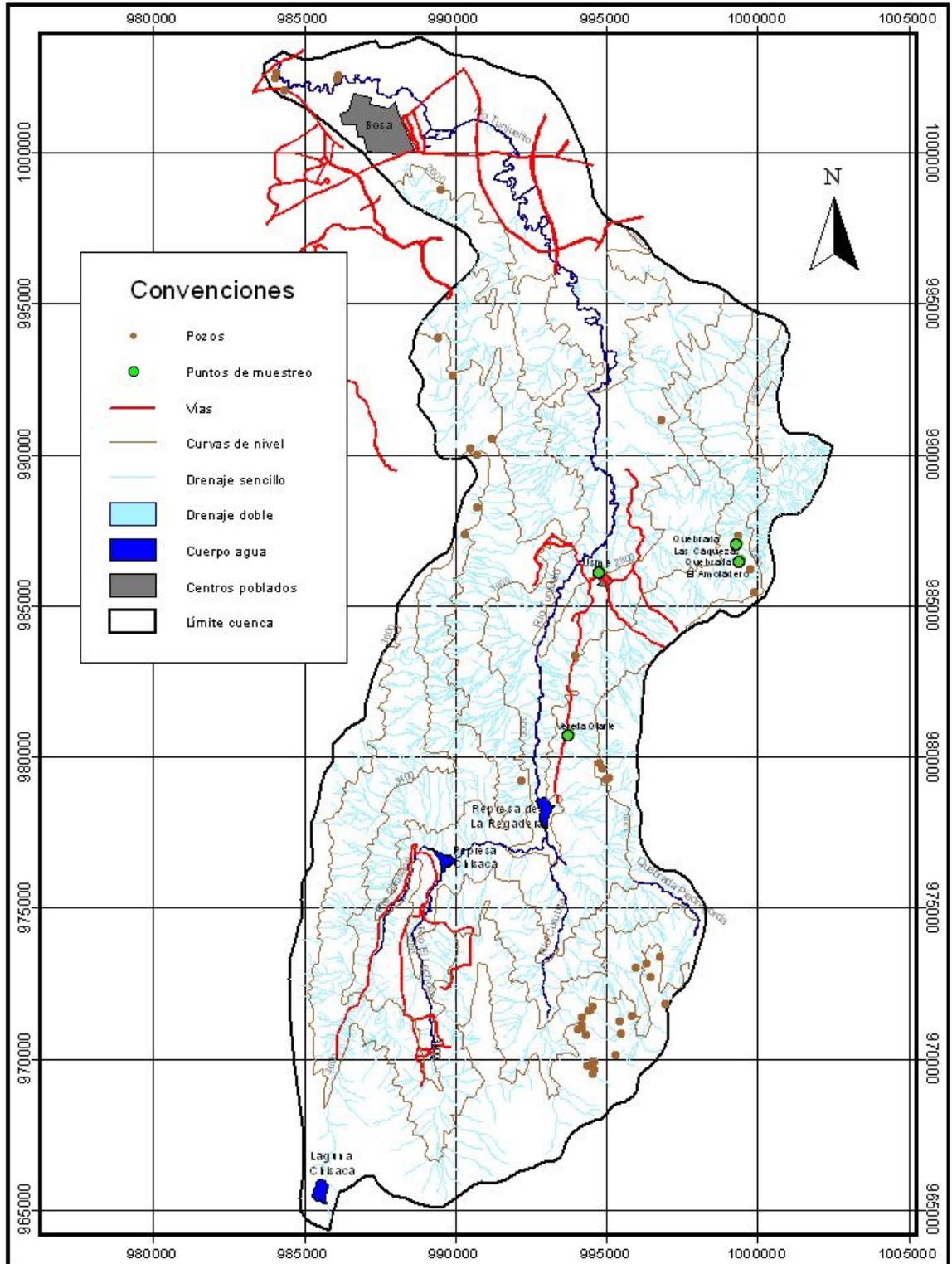
Vulnerabilidad extrema	0.7 y 1
Vulnerabilidad alta	0.5 y 0.7
Vulnerabilidad moderada	0.3 y 0.5
Baja	0.1 y 0.3
Despreciable	< 0.1

Finalmente de acuerdo con la valoración obtenida, se efectuó la zonificación del área mediante el mapa de vulnerabilidad intrínseca.

6. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados correspondientes a los muestreos realizados durante el mes de Octubre de 2007, en los cuales se determinan las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de los manantiales y aljibes de cuatro puntos seleccionados dentro del sector de interés. De igual manera se presenta una tabla resumen de los resultados obtenidos en los muestreos realizados por el Hospital de Usme durante el año 2007. (Ver Anexos 1 y 2).

Los resultados de los análisis de laboratorio, para cada uno de los puntos de muestreo, se presentan a manera de tablas de resumen, donde en primer lugar se da la localización geográfica del sitio de muestreo (ver Fig 18) y posteriormente se registran los valores arrojados por el análisis para cada uno de los parámetros fisicoquímicos evaluados.



6.1 Caracterización de las actividades antrópicas potencialmente contaminantes

Poniendo en evidencia la vocación agrícola de la localidad de Usme, se pueden identificar tres actividades agropecuarias de mayor significancia en la localidad. De acuerdo a los resultados del Proyecto Agrored 2006, la papa pastusa aparece como el producto agrícola de mayor predominio en la localidad, seguido de cultivos de arveja y otros cultivos de rotación. Además de esto, la localidad es reconocida como una de las que posee mayor vocación para la ganadería de bovinos en el Distrito.

Las áreas significativas del cultivo de papa pastusa, se presentan según el estudio Agrored 2006, sobre las veredas los Arrayanes, la Unión, Curubital, Chisacá, y las Margaritas, veredas en las cuales se presenta el ecosistema de alta montaña que corresponde a alturas de 3600 m.s.n.m. En las veredas el Hato, el Destino y el Uval el cultivo se realiza en suelos de vocación agrícola y ganadera. Es importante resaltar que este producto demanda en mayor proporción, el uso de abonos y fertilizantes que pueden llegar a 18 productos diferentes.

El cultivo de papa R-12 se desarrolla en veredas Chizaca, y Arrayanes y una pequeña parte en la vereda el Curubital. La variedad Única se encontró exclusivamente en la vereda el Uval.

Por otro lado el cultivo de otros productos como la arveja, que representa el segundo producto agrícola de mayor producción, se desarrolla a manera de monocultivo en las veredas los Soches y el Uval, en áreas ubicadas en cotas de 3200 a 3400 m.s.n.m correspondientes a ecosistema de páramo. Otras zonas de desarrollo del cultivo corresponden a la vereda Olarte, al norte de la vereda Chiguaza y en la vereda Curubital.

El desarrollo de cultivos como la alfalfa, la avena, el cilantro y la zanahoria se da en la vereda Chiguaza la cual presenta una vocación netamente agrícola.

La producción de ganado Bovino representa de igual manera un factor determinante en las condiciones del uso del suelo en la localidad, según cifras de FEDEGAN (2006) ¹² Usme representa el 45% de producción de la totalidad del Distrito. Esto indica claramente la importancia del sector en las actividades productivas de la localidad y sirve para entender posibles impactos que se puedan generar por la producción masiva de estiércol y el pisoteo del ganado.

El sistema de producción es de tipo tradicional con bajo nivel tecnológico presentando predominantemente pastoreo intensivo, en el cual el ganado accede directamente a las fuentes de agua, ya que la presencia de bebederos es baja.¹³

La ganadería se encuentra de manera generalizada en todas las veredas de la localidad.

De las actividades anteriormente descritas, es el cultivo de papa el de mayor interés debido a las técnicas de cultivo implementadas para la producción de este tubérculo. Al ser este cultivo la principal actividad productiva de la localidad, se establece una relación tensiónate entre la economía campesina y las áreas de protección del recurso hídrico y ecosistemas estratégicos del Distrito.

¹² Tomado del Proyecto Agrored Localidad de Usme , de la Universidad Distrital y la alcaldía Mayor de Bogota realizado en el año 2006.

¹³ Ibíd.

6.2 Resultados de los muestreos fisicoquímicos

Quebrada El Amoladero

La primera muestra fue tomada en un manantial (ver Figura 19 y 20) situado dentro del sector que forma parte de la cuenca de la Quebrada el Amoladero. El sitio se encuentra ubicado en la vereda de los Soches en el barrio el Bosque, en una zona caracterizada por la explotación de canteras y los cultivos de papa.

El acceso al lugar se llevo a cabo por la antigua vía que de Bogotá conduce a Villavicencio.



Fig. 19 y 20 Fotografías sitio de muestreo vereda Los Soches

Análisis fisicoquímicos

Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la tabla 8.

Tabla.8 Resultados Análisis de Laboratorio el Amoladero.

Quebrada el Amoladero ; Coordenadas : 999.315 E , 986.445 N		
Análisis	Unidades	Resultados
pH	Unidades de pH	5,4
Dureza Total	mg CaCO3/L	37.1
Alcalinidad	mg CaCO3/L	18,0
Fósforo Total	Mg PO43-/L	N.D
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 1 UFC/100 ml

N.D: no detectable.

Análisis Bacteriológico

Para el análisis de la calidad bacteriológica sólo se determinó la presencia de coliformes fecales. No se detectó presencia aparente de microorganismos, el nivel de detección de UFC es menor a 1.

Quebrada “Los Caquezas” predio Sevilla.

La muestra en este sitio se obtuvo de un manantial (ver Figura 21 y 22), ubicado en el predio Sevilla, zona que se caracteriza por el predominio de los cultivos de papa.

Ubicado dentro del área dominada por la Quebrada las Cáquezas, una de las más importantes de la región, ya que representa la principal fuente de abastecimiento de agua de las Veredas de los Soches y el Uval.

La principal vía de acceso al sitio de muestreo es la antigua vía que conducía de Bogotá a Villavicencio, posteriormente se ingresa al predio Sevilla por un

carreteable, difícilmente transitable, debido a las fuertes y frecuentes precipitaciones, durante la época de muestreo.



Fig. 21 y 22 Fotografías sitio de muestreo Vereda Los Soches

Análisis fisicoquímicos

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la tabla 9.

Tabla. 9 Resultados Análisis de Laboratorio Los Caquezas

Coordenadas: Los Caquezas predio Sevilla ; Coordenadas 990.276 E , 987.320 N		
Análisis	Unidades	Resultados
pH	Unidades de pH	5,5
Dureza Total	mg CaCO3/L	N.D
Alcalinidad	mg CaCO3/L	13,5
Fósforo Total	Mg PO43-/L	N.D
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 1 UFC/100 ml

Análisis Bacteriológicos

Para el análisis de la calidad bacteriológica solo se determinó la presencia de coliformes fecales. No se detectó presencia aparente de microorganismos, el nivel de detección de UFC es menor a 1.

Vereda Olarte (predio la Victoria).

En este sitio, la muestra fue tomada de un manantial que surte los sistemas de riego del predio la Victoria, en el cual, la producción de papa constituye la principal actividad y el uso del recurso es principalmente para el sistema de regadío.

A este lugar se llega por la vía principal que comunica al centro de Usme con la mayor parte de las veredas, posteriormente se accede al sitio de muestreo atravesando el predio La Victoria.



Fig 23 y 24. Fotos sitio de muestreo Vereda Olarte

Análisis fisicoquímicos

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la tabla 10.

Tabla. 10 Resultados Análisis de laboratorio vereda Olarte

Vereda Olarte (predio la Victoria). Coordenadas: 993.659 E , 980.737 N		
Análisis	Unidades	Resultados
pH	Unidades de pH	5,2
Dureza Total	mg CaCO3/L	19,8
Alcalinidad	mg CaCO3/L	18,0
Fósforo Total	Mg PO43-/L	N.D
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 1 UFC/100 ml

N.D: no detectable.

Análisis Bacteriológicos

Para el análisis de la calidad bacteriológica sólo se determinó la presencia de coliformes fecales. No se detectó presencia aparente de microorganismos, el nivel de detección de UFC es menor a 1.

Usme centro

El punto de muestreo corresponde a un aljibe ubicado sobre la vía principal del que atraviesa el casco Urbano de la localidad de Usme (ver Figuras 25 y 26).

Antes de la instalación del acueducto municipal, este aljibe era utilizado para abastecimiento de agua para consumo.



Fig 25 y 26 Fotos sitio de muestreo Usme Centro
Análisis fisicoquímicos

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla .11 Resultados Análisis de laboratorio Usme centro

Usme centro; Coordenadas : 994.700 E , 986.100 N		
Análisis	Unidades	Resultados
pH	Unidades de pH	5,6
Dureza Total	mg CaCO3/L	68,3
Alcalinidad	Fósforo Total	20,2
Fósforo Total	Mg PO43-/L	N.D
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	13 UFC/100 ml

N.D: no detectable.

Análisis Bacteriológicos

Para el análisis de la calidad bacteriológica solo se determinó la presencia de coliformes fecales. Se identificó presencia de microorganismos, fueron detectadas 13 UFC.

6.2 Resultados analíticos para agua realizados por el Hospital de Usme

Los muestreos realizados por el área ambiental del Hospital de Usme, corresponden a monitoreos sobre la calidad del recurso en las zonas de la localidad que carecen de acueducto y que hacen uso de manantiales, pozos o nacederos.

Las pruebas consistieron en un análisis fisicoquímico de las muestras en las que se determinaron características físicas como pH, turbiedad, color y conductividad, y pruebas químicas como dureza, alcalinidad y presencia de metales. De igual manera, se llevaron a cabo pruebas microbiológicas de coliformes totales y *Escherichia.coli*.

Sobre cada grupo de parámetros el laboratorio que realizó los análisis (Laboratorio de Salud Publica, Secretaria Distrital de Salud), emitió un concepto basado en las condiciones para consumo de las muestras.

A continuación se presentan un resumen de los resultados encontrados en los análisis realizados por el Hospital de Usme. (Ver tabla 12)

Tabla.12 Resultados Hospital de Usme

Dirección establecimiento	Tipo de establecimiento	Establecimiento	Clase de muestra	Concepto Fisicoquímico	Concepto Microbiológico
Vereda Chiguaza	Vivienda multifamiliar	Finca	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Aguatinda Chiguaza	Vivienda multifamiliar	Sector sin acueducto	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable

Vereda Destino	el Pozo	Finca Sharon	Consumo humano cruda	No aceptable	Aceptable
Vereda Destino	el Vivienda multifamiliar	Finca Sharon	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Destino	el Pozo	Finca el Porvenir	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Destino	el Pozo	Pozo el porvenir	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Destino	el Pozo	Pozo Buenavista	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Destino	el Pozo	Pozo el "Porvenir"	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Uval	Vivienda multifamiliar	Grifo cocina vivienda	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Uval	Expendio	Vereda el uval	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Uval	Pozo	Veredal el Uval	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Uval	Pozo	Finca el Triangulo	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Uval	Vivienda	Sin dato	Consumo	No aceptable	No aceptable

	unifamiliar		humano cruda		
Vereda el Uval	Vivienda multifamiliar	Sector sin acueducto	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda la Requilina	Pozo	Vereda la Requilina	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda la Requilina	Pozo	Finca Cerezo	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda la Requilina	Vivienda unifamiliar	Vereda Requilina	Consumo humano cruda	Aceptable	Aceptable
Vereda la Requilina	Pozo	Vereda Requilina	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda la Requilina	Pozo	Vereda Requilina	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda la Australia	Establecimiento educativo	CIE la Australia	Consumo humana tratada	No aceptable	No aceptable
Vereda la Australia	Establecimiento educativo	CIE la Australia	Consumo humana tratada	No aceptable	No aceptable
Vereda San Pedro	Vivienda multifamiliar	Finca – San Pedro	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Parcelación San Pedro	Pozo	Pozo San Pedro	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable

Kra 19 Este N 81 B -97 Sur	Pozo	Pozo San Pedro	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Kra 20 Este No 81-06 Sur	Pozo	Vereda San Pedro	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Kra 19 Este 1 B-97 Sur	Pozo	Vereda Tiguaque Vereda San Pedro	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Finca el Cerrito	Vivienda multifamiliar	Finca los cerezos Fiscala	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda Corinto	Pozo	Vereda Corinto	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Bosque Boquerón antigua via al llano	Pozo	Pozo el Bosque Boquerón	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Desarrollo el Bosque Boquerón	Pozo	Vereda Boquerón	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Vereda el Boquerón	Pozo	Vereda el Boquerón	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Kilómetro 9 vía San Juan de Sumapáz	Establecimie nto educativo	CIR Australia	Consumo humano cruda	No aceptable	Aceptable
Kilómetro 9	Establecimie	CIR Australia	Consumo	No aceptable	No aceptable

vía San Juan de Sumapáz	nto educativo		humano cruda		
Kilómetro 8 vía San Juan de Sumapáz	Establecimiento educativo	CIR Australia	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Kilómetro 19 vía San Juan de Sumapáz	Pozo	Escuela la Mayoría	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Kilómetro 15 Av. Usme	Pozo	Universidad Antonio Nariño	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Calle 90 Sur No 21 B -34	Vivienda multifamiliar	Vereda violetas	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable
Calle 97 No 1-05	Establecimiento educativo	Jardín Infantil Monte blanco	Consumo humano tratada	Aceptable	Aceptable
Sin dato	Vivienda multifamiliar	Fundación del niño y el anciano	Consumo humano cruda	Aceptable	Aceptable
Kra 20 A Este No 90-20 Sur	Pozo	Fundación del niño y el anciano	Consumo humano cruda	Aceptable	Aceptable
Calle 91 Sur No 3C-34 Este	Establecimiento educativo	CDC-Julio Cesar Sanchez	No Consumo humano	Aceptable	Aceptable
Cra 18 No 88-23 A Este	Vivienda multifamiliar	Sector sin acueducto	Consumo humano cruda	Aceptable	No aceptable
Villa Rosita	Pozo	Sin dato	Consumo humano cruda	No aceptable	No aceptable

La figura 27 muestra en porcentajes el número de puntos muestreados que son catalogados como aceptables y no aceptables según los protocolos de la Secretaría de Salud Distrital.

Los resultados indican que del total de los puntos sólo un 12% se encuentran en condiciones aceptables para el consumo humano y el restante 88% no es aceptable para el consumo, ya sea por que no cumplió con el concepto fisicoquímico o microbiológico o no cumplió con ninguno de los dos.

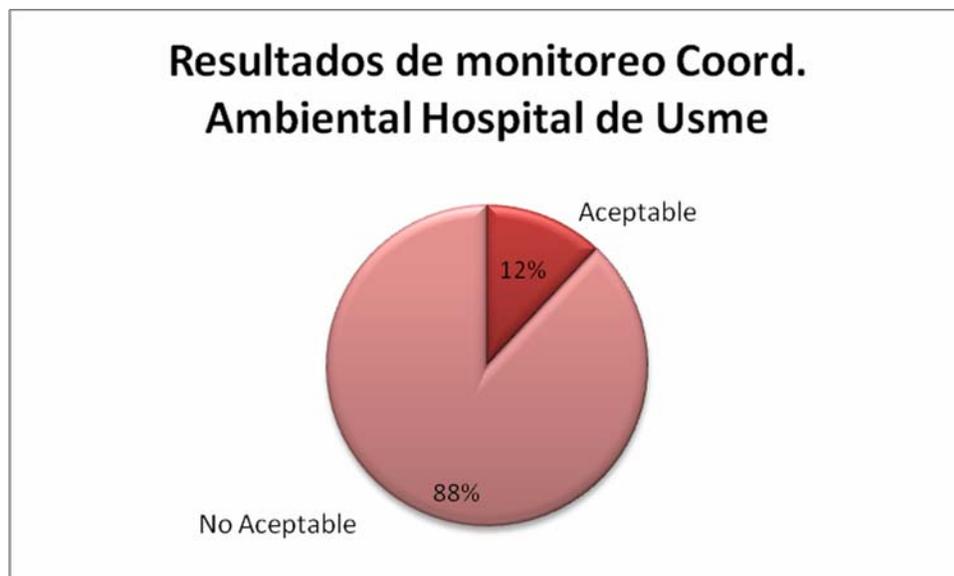


Fig. 27 Resultados monitoreos calidad de agua efectuados por el Hospital de Usme. UPA Marichuela

6.3 Vulnerabilidad

Los resultados de vulnerabilidad, se presentan en la matriz de indexación del método GOD, en la cual se identifican las diferentes unidades geológicas de la zona de estudio, se describen sus características litológicas, el tipo de acuífero al que dichas unidades dan origen y la profundidad del nivel estático.

Además, se incluyen los valores asignados a cada uno de los parámetros evaluados los cuales oscilan entre 0 y 1, dependiendo de su influencia en la protección de los acuíferos a la contaminación, siendo los valores cercanos a 0, los que indican una retención o atenuación de los contaminantes y los valores cercanos a 1 los que representan una mayor probabilidad de contaminación.

Posteriormente, se calcula el índice de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación a partir de la multiplicación de los valores que corresponden a cada uno de los parámetros.

Los valores asignados de manera individual a los parámetros en la matriz de indexación, se obtuvieron a partir de las características de las unidades geológicas identificadas en campo y su subsiguiente comparación con los valores propuestos para cada unidad y sus características litológicas e hidrogeológicas en el trabajo de Ingeominas (1996)¹⁴.

El cálculo de los valores a partir de los cuales se determinaron tanto el índice y el grado de vulnerabilidad, es el resultado de la correlación de datos estadísticos de valores de resistividad, espesor de las unidades y la profundidad del techo de los acuíferos, provenientes de estudios geofísicos y muestreos realizados en campo por Ingeominas, para la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá.

6.3.1 ÍNDICE G

En el sistema de indexación GOD, para evaluación de los acuíferos a la contaminación, la asignación de valores se realiza inicialmente teniendo en cuenta el tipo de acuífero en relación con el grado de confinamiento del mismo, así el valor 1, corresponde a los acuíferos libres (no confinados) y el valor 0 se asigna

¹⁴ Este es uno de los primeros estudios donde se emplea el Método GOD, para la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, y aún cuando no se desarrolló exactamente en la zona de estudio de este proyecto, si considera las unidades Geológicas y las características hidrogeológicas de un sector más amplio que incluye la localidad de Usme.

cuando no existe ningún tipo de acuífero. Con esta información se define el parámetro "G". (Ver tabla 13)

Tabla 13 .Resultados índice G

Unidad Geológica	Índice "G"
Depósitos fluvioglaciares (Qflg)	1.0
Depósitos coluviales (Qcl)	1.0
Depósitos aluviales (Qal)	0.8
Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	0.8
Depósitos de terraza alta (Qt1)	0.65
Formación Tilatá (QTt)	0.65
Formación Usme (Tu)	0.55
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	0.8
Formación Bogotá (Tib)	0
Formación areniscas del Cacho (Tc)	0.62
Formación Guaduas (KTgu)	0
Formación labor y tierna (Ksglt)	0.65
Formación Plaeners (Ksgpl)	0.4
Formación arenisca dura (Ksgd)	0.65
Formación Chipaque (Ksch)	0

En la tabla de resultados del índice G se muestra la unidad Geológica a evaluar y su calificación correspondiente. Aquellas que tienen valores de 0.7 a 1.0 corresponden a acuíferos no confinados.

Las unidades que reciben calificaciones que entran en este rango de valores son: Depósitos Fluvioglaciares (1.0), Depósitos Coluviales (1.0), Depósitos Aluviales (0.8), Deposito de abanico Aluvial (0.8), y la Formación Areniscas de la Regadera (0.8).

Los valores entre 0.69 a 0.45 corresponden a acuíferos confinados cubiertos, las unidades correspondientes para este rango son: Depósitos de Terraza Alta (0.65), Formación Tilatá (0.65), Formación Labor y Tierna (0.65), Formación Arenisca Dura (0.65), y Formación Areniscas del Cacho (0.62).

Los valores de 0.44 a 0.25 están asociados a acuíferos semiconfinados para, el caso de la zona de estudio se identificó dentro de esta categoría a La Formación Plaeners (0.4), uno de los miembros de Grupo Guadalupe.

Los valores de 0.25 a 0.15, se presentan cuando hay un acuífero surgente, para el caso de la zona de estudio, ninguna de las unidades presentes pertenece a esta categoría.

Los valores de 0.15 a 0 corresponden unidades que no se consideran acuíferos. En este trabajo, las unidades identificadas con estos valores fueron: Formación Bogota (0), Formación Guaduas (0) y la Formación Chipáque (0).

6.3.2 ÍNDICE O

Posteriormente se determina el parámetro “O”, en el cual se evalúan las características de la litología, incluyendo tamaño de partículas, el grado de consolidación y el nivel de fracturamiento del material geológico. Los valores cercanos a 0, corresponden a materiales arcillosos y en general a materiales que tienen poca permeabilidad, los que tienen valores próximos a 1.0, corresponden a materiales no consolidados o muy fracturados, por lo que tienen alta permeabilidad. (Ver tabla 14)

Los valores asignados a cada unidad para el parámetro O estuvieron en el rango comprendido entre 0.7 a 0.4. Las calificaciones se distribuyen de la siguiente manera:

Depósitos coluviales: Bloques angulares, con matriz areno-arcillosa. Calificación igual a 0.7.

Formación Arenisca Dura: Bancos gruesos de arenisca de grano fino a medio intercalados con limolitas silíceas y finos niveles de liditas y arcillolitas. Calificación igual a 0.68.

Formación Labor y Tierna: Areniscas de grano fino en la base y conglomeráticas hacia el techo intercaladas con arcillolitas y limolitas, calificación igual a 0.68

Formación Areniscas de la Regadera: Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con niveles conglomeráticos lodosos, intercaladas con arcillolitas y lodolitas; calificación 0.65

Formación Chipaque: Lodolitas arcillosas y niveles de lodolitas arcillosas y areniscas finas; calificación igual a 0.65.

Formación Guaduas: Lodolitas con presencia de algunos mantos de carbón intercaladas con algunos niveles arenosos en la parte media; calificación igual a 0.62.

Formación Tiltatá: Areniscas cuarzosas, de grano grueso, con matriz arcillo limosas intercaladas con arena conglomerática y arcillas; calificación igual a 0.58

Formación Bogotá: Base: predominantemente arcilloso Medio: Intercalaciones de arcillas y areniscas de grano fino Techo: Niveles conglomeráticos; calificación igual a 0.58.

Depósitos de Terraza Alta: Acumulaciones de gravas limos arcillas y arenas de finas a gruesas; calificación igual a 0.55.

Depósitos Fluvioglaciares: Arenas gruesas limosas con bloques de areniscas, guijos y gravas, arenas finas limosas en matriz areno arcillosa; calificación igual a 0.55.

Depósitos de Abanico Aluvial: Gravas arenas limos y arcillas; calificación igual a 0.5

Depósitos Aluviales: Sedimentos limo arenosos; calificación igual a 0.40.

Tabla 14. Resultados índice O

Unidad Geológica	Índice "O"
Depósitos fluvioglaciares (Qflg)	0.55
Depósitos coluviales (Qcl)	0.7
Depósitos aluviales (Qal)	0.4
Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	0.5
Depósitos de terraza alta (Qt1)	0.55
Formación Tilatá (QTt)	0.58
Formación Usme (Tu)	0.5
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	0.65
Formación Bogotá (Tib)	0.58
Formación areniscas del Cacho (Tc)	0.6
Formación Guaduas (KtGu)	0.62
Formación labor y tierna (Ksglt)	0.68
Formación Plaeners (Ksgpl)	0.6
Formación arenisca dura (Ksgd)	0.68
Formación Chipaque (Ksch)	0.65

6.3.3 ÍNDICE D

El último de los parámetros, se relaciona con la profundidad a la que se encuentra el agua, en este caso los valores cercanos a 0, se relacionan con niveles estáticos mayores a 100 m, y los valores cercanos a 1.0, están relacionados con profundidades de nivel estático superficiales, aproximadamente entre 0 – 5 metros de profundidad. (Ver tabla 15)

Tabla 15. Resultados índice D

Unidad Hidrogeológica	Índice "D"
Depósitos fluvioglaciares (Qflg)	0.9
Depósitos coluviales (Qcl)	0.9
Depósitos aluviales (Qal)	0.9
Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	0.9
Depósitos de terraza alta (Qt1)	0.9
Formación Tilatá (QTt)	0,9
Formación Usme (Tu)	0.9
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	0.9
Formación Bogotá (Tib)	0
Formación areniscas del Cacho (Tc)	0.9
Formación Guaduas (KtGu)	0
Formación labor y tierna (Ksglt)	0.9
Formación Plaeners (Ksgpl)	0.9
Formación arenisca dura (Ksgd)	0.9
Formación Chipaque (Ksch)	0

Este parámetro recibe la siguiente calificación de acuerdo con la profundidad del nivel estático: Profundidades de 0-5 m reciben la calificación de 0.9. En el caso

de estudio las unidades que recibieron la calificación de 0.9 fueron las siguientes: Depósitos Fluvioglaciares, Depósitos Coluviales, Depósitos Aluviales, Depósitos de Abanico Aluvial, Deposito de Terraza Alta, Formación Tilatá, Formación Usme, Formación Areniscas de la Regadera, Formación Cacho, Formación Labor y Tierna, Formación Plaeners y la Formación Arenisca Dura.

La calificación de 0 se da en el caso de unidades que no se consideran acuíferos. En el caso de estudio se registra con esta calificación la Formación Bogotá, la Formación Guaduas y la Formación Chipaque.

Vale notar que el nivel estático tiene fluctuaciones asociadas a los periodos lluviosos y descensos en épocas de bajas precipitaciones.

Finalmente, la determinación del grado de vulnerabilidad, depende de los valores de los índices de vulnerabilidad que se obtienen a partir de la multiplicación de los parámetros anteriormente mencionados. Los valores de 0 son catalogados como de vulnerabilidad despreciable, valores entre 0.1 – 0.3 indican vulnerabilidad baja, valores entre 0.3 -0.5 vulnerabilidad moderada, valores obtenidos entre 0.5 - 0.7 vulnerabilidad alta y valores entre 0.7 - 1.0 vulnerabilidad extrema.

Los resultados por vulnerabilidad fueron los siguientes:

Tabla 16. Resultados Índice de Vulnerabilidad

Unidad Geológica	Índice de vulnerabilidad
Depósitos fluvioglaciares (Qflg)	0.495
Depósitos coluviales (Qcl)	0.63
Depósitos aluviales (Qal)	0.288
Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	0.36
Depósitos de terraza alta (Qt1)	0.32175
Formación Tilatá (QTt)	0.3393

Formación Usme (Tu)	0.2475
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	0.468
Formación Bogotá (Tib)	0
Formación areniscas del Cacho (Tc)	0.3348
Formación Guaduas (KtGu)	0
Formación labor y tierna (Ksglt)	0.3978
Formación Plaeners (Ksgpl)	0.216
Formación arenisca dura (Ksgd)	0.3978
Formación Chipaque (Ksch)	0

Vulnerabilidad Despreciable: Las unidades que por sus características y propiedades se considera tienen una vulnerabilidad intrínseca despreciable en la zona de estudio incluyen: La Formación Bogotá cuyo índice tiene un valor de cero (0), al igual que la Formación Guaduas y La Formación Chipaque.

Vulnerabilidad Baja: Las unidades catalogadas como de vulnerabilidad baja, de acuerdo con el índice obtenido fueron: Depósitos Aluviales (0.288), Formación Usme (0.2475) y Formación Plaeners (0.216).

Vulnerabilidad Moderada: esta categoría comprende los Depósitos de Terraza Alta (0.32175), Formación areniscas del Cacho (0.3348), Formación Tiltá (0.3393), Formación Labor y Tierna (0.3978), Formación Areniscas Dura (0.3978), Depósitos Fluvioglaciares (0.495).

Vulnerabilidad Alta: Finalmente la única unidad considerada como de vulnerabilidad alta fueron los Depósitos Coluviales cuyo índice equivale a (0.63).

Vulnerabilidad Extrema: ninguna de las unidades analizadas fue considerada como de vulnerabilidad extrema.

Tabla 17. Resultados Grado de Vulnerabilidad

Unidad Geológica	Grado de Vulnerabilidad
Depósitos Fluvioglaciares (Qflg)	Moderada
Depósitos Coluviales (Qcl)	Alta
Depósitos aluviales (Qal)	Baja
Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	Moderada
Depósitos de terraza alta (Qt1)	Moderada
Depósitos Cono Tunjuelo (Qct)	Moderada
Formación Tilatá (QTt)	Moderada
Formación Usme (Tu)	Baja
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	Moderada
Formación Bogotá (Tib)	Despreciable
Formación areniscas del Cacho (Tc)	Moderada
Formación Guaduas (KtGu)	Despreciable
Formación labor y tierna (Ksglt)	Moderada
Formación Plaeners (Ksgpl)	Baja
Formación arenisca dura (Ksgd)	Moderada
Formación Chipaque (Ksch)	Despreciable

6.4 Resultados Mapa de vulnerabilidad

En el mapa de vulnerabilidad obtenido a partir de la correlación de los parámetros de evaluación, se muestran algunos sectores de la localidad con vulnerabilidad alta, otros moderada, baja y despreciable y algunos sitios donde no existe información.

Las zonas definidas como de vulnerabilidad alta aparecen representadas en color rosa, las de vulnerabilidad moderada en color amarillo claro, las de vulnerabilidad baja en color verde, despreciable en amarillo oscuro y los que no poseen

información en color blanco. En la zona de estudio no se presenta ningún sector con vulnerabilidad extrema. (Ver Figura 28 y Anexo 3)

Los dos primeros puntos del muestreo, Los Caquezas y el Amoladero corresponden a un área que varía entre vulnerabilidad despreciable y moderada.

Los puntos de muestreo localizados en la vereda Olarte y el centro de Usme, corresponden a un área de vulnerabilidad moderada.

Por otro parte, la comparación cualitativa de los resultados del monitoreo por veredas realizado por el Hospital de Usme , que son identificables en el mapa de vulnerabilidad generado en el presente estudio, señalan una coincidencia interesante entre las condiciones obtenidas en los muestreos y las áreas de vulnerabilidad identificadas en el mapa.

El área que corresponde a la Vereda Chiguaza un área cercana a Usme centro, presenta zonas de vulnerabilidad que varia entre moderada y alta, consecuentemente los dos puntos muestreados no cumplen con los conceptos de potabilidad de la Secretaria de Salud según los resultados obtenidos.

La vereda el Destino contigua a la Vereda Olarte (zona muestreada en este estudio) presenta zonas de vulnerabilidad moderada a baja; respecto a los resultados de laboratorio ninguno de lo seis puntos muestreados cumple con los conceptos de potabilidad.

Las veredas el Uval y la Requilina ubicadas en la parte nororiental de la Localidad, se encuentran en una zona de vulnerabilidad de alta a moderada. En la vereda el Uval según los análisis, ninguno de los seis puntos muestreados cumple con los conceptos de potabilidad. En la vereda la Requilina los resultados de los análisis

señalan que sólo uno de los cinco puntos muestreados cumplió con los conceptos de potabilidad requeridos.

Por último, otras de las zonas y predios monitoreados e identificables en el mapa de vulnerabilidad, son la vereda Corinto y la vereda las Violetas. La primera corresponde a una zona con áreas de vulnerabilidad alta y baja, en esta zona sólo se muestreó un punto que cumplió con los conceptos de potabilidad. La vereda las Violetas, por su parte se ubica en una zona con áreas de vulnerabilidad moderada a baja y los resultados de laboratorio muestran que tampoco cumple con los conceptos de potabilidad.

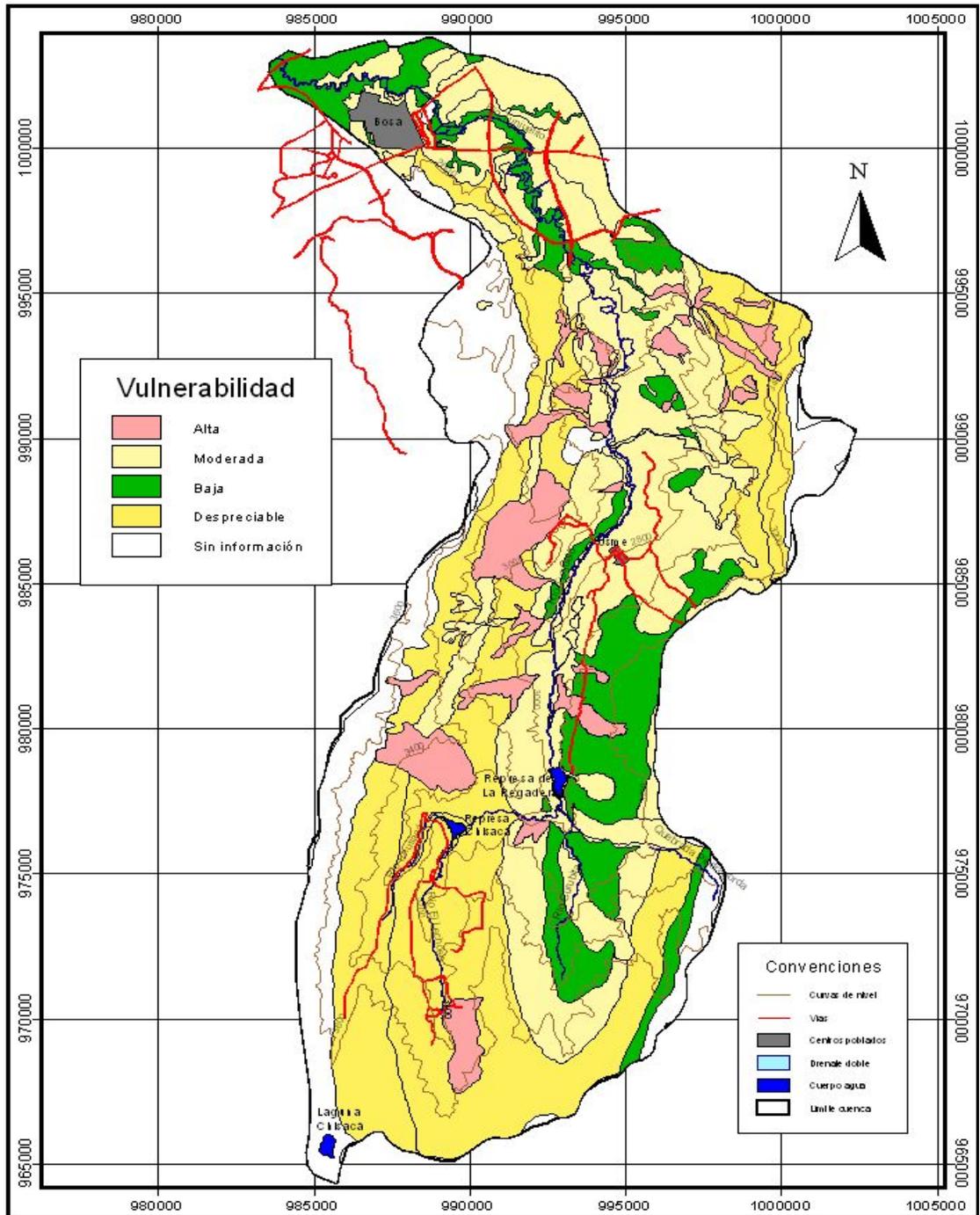


Fig.28 Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación

7. ANALISIS DE RESULTADOS

Los muestreos realizados en cuatro puntos de la localidad de Usme, respondieron a una identificación previa de áreas, resultado del análisis del mapa de vulnerabilidad elaborado en este trabajo. En este sentido, se diseñó un muestreo puntual con el objetivo de caracterizar cuatro manantiales registrados en la base de datos de la CAR. El objetivo principal del muestreo era conocer, de manera preliminar, las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de los manantiales y buscar una posible relación con la vulnerabilidad identificada.

Una de las condiciones que determinaron los resultados obtenidos en el muestreo fue el momento en el que se llevo a cabo (Octubre 2007). El mes de Octubre presenta los mayores niveles de precipitación durante el año y se extiende hasta inicios del mes de Noviembre, la precipitación alcanza un promedio de 1000 mm y representa el periodo de mayor pluviosidad durante el año en la localidad de Usme.

Esta condición climática, es determinante en los procesos relacionados con el ciclo hidrológico de la zona y la variación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del recurso, en este sentido, los resultados obtenidos deben ser entendidos en este contexto.

Respecto a los análisis de laboratorio realizados por el Hospital de Usme, cabe resaltar que sólo se encontró coincidencia con uno de las zonas muestreadas en este trabajo, la que corresponde al Boquerón Barrio el Bosque en la antigua vía al Llano. Los demás punto muestreados no fueron georeferenciados, se identifican con nombres de predios que muchas veces no corresponden con la cartografía actual de la localidad. Por otro lado, la cartografía de las veredas no está

completamente definida por lo que los resultados presentados por la coordinación Ambiental presentan inconsistencias en la ubicación y denominación de las mismas.

El primer punto de muestreo ubicado en el barrio el Bosque (Boquerón antigua vía al llano) denominado el Amoladero presenta un pH predominantemente ácido (pH: 5.4) y una dureza total igual a 37.1 mg de CaCO₃ por lo que se puede considerar un agua blanda. Los resultados microbiológicos no detectaron presencia de coliformes fecales en la muestra tomada en este punto.

Sin embargo, los resultados obtenidos en los muestreos realizados por la oficina ambiental del hospital de Usme, muestran que los tres puntos muestreados en esta zona, presentan condiciones fisicoquímicas y microbiológicas no aceptables para consumo. Desafortunadamente los puntos muestreados por la oficina ambiental no fueron georeferenciados por lo que no se conoce la coincidencia con el punto muestreado en este estudio, aun así, sí existe coincidencia con la vulnerabilidad encontrada en la zona y las condiciones determinadas en estos muestreos. La zona presenta una vulnerabilidad alta en sectores del barrio el Bosque condición que puede ser determinante en los resultados obtenidos.

Para el punto de muestreo denominado los Caquezas ubicado en el predio Sevilla, los resultados fisicoquímicos son similares. Se obtuvo un pH de 5.5, no se reportó dureza en los resultados de laboratorio, pero se obtuvieron datos de alcalinidad. Respecto a la alcalinidad cabe resaltar que el parámetro debe ser medido preferiblemente *in situ*, ya que las muestras transportadas pueden ser alteradas y por lo mismo modificar los resultados esperados.

El punto seleccionado en la Vereda Olarte ubicado en el predio la Victoria presentó un pH predominantemente ácido (pH: 5.2) y una dureza total igual a 19.8

mg de CaCO₃ por lo que se puede considerar un agua blanda. Las características fisicoquímicas son similares a lo demás puntos muestreados a pesar de que su ubicación desde el punto de vista geológico es diferente y se encuentra en un rango de vulnerabilidad moderado.

Finalmente el punto correspondiente a centro Usme se caracteriza por que fue el único en el que se detectaron coliformes fecales con la presencia de una unidad formadora de colonias. Por tal motivo la correspondencia con la vulnerabilidad encontrada en el sitio puede indicar la presencia de contaminación en el punto muestreado.

El análisis de fósforo total dio negativo para todas las muestras, esto pudo ocurrir posiblemente por que las concentraciones del analito en las muestras no eran significativas para el método de análisis empleado. Sin embargo, se esperaba encontrar trazas del analito en las muestras dado que la presencia de fertilizantes y abonos en las zonas de muestreo era evidente.

Con relación a los resultados obtenidos por la coordinación ambiental del Hospital de Usme, se ve claramente que existe un problema en las condiciones de los puntos muestreados. Solo un 12% de los puntos monitoreados presenta condiciones aceptables para el consumo humano.

Los demás puntos no cumplen con los conceptos fisicoquímicos y/o microbiológicos. Del total de los puntos muestreados un 88% no cumple con el concepto microbiológico, esto quiere decir que se detectó la presencia de Coliformes totales y/o *Escherichia coli*. Teniendo en cuenta que los muestreos fueron realizados en zonas que no tienen acueducto y en donde según los diagnósticos sanitarios se presentan problemas de manejo de residuos y manejo de aguas residuales domésticas, se puede inferir que existe una relación entre los

resultados obtenidos en los muestreos y las características sanitarias de las zonas.

Es importante destacar como se mencionó anteriormente, que se encontró una coincidencia en los resultados obtenidos en el mapa de vulnerabilidad y las zonas que se detecta la presencia de un contaminante (físicoquímico u orgánico). Esto permite concluir que es posible realizar una identificación de zonas que presentan indicios de contaminación empleando herramientas como mapas de vulnerabilidad.

En este sentido se puede observar con relación a los resultados de laboratorio y los resultados de vulnerabilidad que en veredas con vulnerabilidad alta, el agua muestreada no paso los estándares físicoquímicos y microbiológicos de potabilidad, este es el caso de veredas como Agua linda- Chiguaza que presenta zonas con vulnerabilidad alta y de los dos muestreos realizados ninguno paso los estándares de potabilidad.

De igual manera las veredas cuya vulnerabilidad fue moderada , presentan condiciones de potabilidad baja en casos como el Uval en donde ninguno de los cinco puntos muestreados fue aceptable, la vereda el Destino, en donde solo uno de los seis puntos muestreados paso únicamente por concepto microbiológico, vereda la Requilina en la cual solo uno de los cinco puntos de muestreo paso las dos pruebas de potabilidad, la finca Australia en la vereda de la Regadera de la cual los tres muestreos realizados no fueron aceptables , Villa Rosita , Calle 90 Sur No 1-05 y la finca el Cerrito en la vereda las Violetas tres muestreos no aceptables.

Sin embargo, no se realizó una correlación estadística que soporte los resultados obtenidos, ni se ubicaron con precisión los puntos muestreados en el mapa de

vulnerabilidad, ya que en los resultados, los puntos de muestreo no fueron georeferenciados por el grupo de coordinación ambiental del Hospital de Usme.

Análisis de resultados del mapa de vulnerabilidad

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación está en función de factores como la capacidad de atenuación del material geológico y la accesibilidad de los contaminantes a la zona saturada, se entiende que los resultados obtenidos en el mapa obedecen a las características litológicas y estructurales imperantes en la zona de estudio.

Es importante resaltar, que el sitio de trabajo se encuentra dentro de una extensa zona que se caracteriza por la presencia de numerosos plegamientos y fallas que localmente afectan la recarga de los acuíferos, porque actúan a manera de cierres estructurales dificultando la infiltración del agua, así como de posibles contaminantes que puedan disminuir la calidad del recurso hídrico subterráneo, lo que constituye una ventaja para aquellos sectores que fueron catalogados como de vulnerabilidad baja o despreciable.

Dentro de la zona de estudio se encuentran los dos complejos acuíferos, identificados en la Sabana de Bogotá, el primero el Complejo acuífero Guadalupe y el segundo el Complejo acuífero Cuaternario, este último, representado en el área de interés por los depósitos Fluvioglaciares, los Abanicos Aluviales y algunos depósitos coluviales. Además de estos, se encuentran los complejos impermeables, correspondientes a algunas de las unidades Terciarias caracterizadas por ser predominantemente arcillosas (Formación Bogotá, Formación Usme, Formación Guaduas).

En la localidad de Usme una gran extensión de terreno está cubierta por depósitos fluvioglaciares, lo que clasificó Julivert como los Conos del Tunjuelo además de otros depósitos, que en ocasiones se encuentran interdigitados, por lo que se dificulta su identificación. Estos materiales con bajo grado de consolidación conformados por gravas y con matrices arcillo – arenosas, constituyen la zona que en el mapa aparecen como de vulnerabilidad moderada.

Las variaciones en la composición de la matriz de los depósitos antes mencionados, determinan que en algunos casos la vulnerabilidad sea baja, en el caso de que predomine la fracción arcillosa y de igual manera influye en que la vulnerabilidad sea alta, como es el caso de los depósitos de Piedemonte o Coluviones, donde la matriz es más permeable.

Las zonas diferenciadas en el mapa como de vulnerabilidad despreciable corresponden a las unidades Terciarias como la Formación Bogotá, y la Formación Usme, las cuales son predominantemente arcillosas, razón por la cual dificultan la infiltración de agua y de sustancias disueltas en ella. Estas Unidades, debido a sus características y propiedades no son consideradas como acuíferos.

Con relación a los sitios objeto del muestreo, se encontró que los correspondientes a la Vereda los Soches, están ubicados en una zona de baja permeabilidad, afectada por una falla de Cabalgamiento que pone en contacto la Formación Guaduas con la Formación Bogotá; por tal motivo la vulnerabilidad en este sector resultó despreciable.

En la vereda Olarte así como en el centro de Usme, por ser una zona conformada principalmente por depósitos Fluvioglaciares y depósitos de Abanico Aluvial, que poseen una permeabilidad y porosidad más altas, la vulnerabilidad fue moderada,

al igual que en las vereda Uval, el Destino y Requilina, en las que la mayor parte del terreno está conformado también por depósitos.

Correlación entre actividades de la localidad y resultados de vulnerabilidad

A partir de los resultados obtenidos en el mapa, se pueden establecer criterios para que el desarrollo de actividades económicas no afecte la calidad del agua subterránea, así por ejemplo se debe prestar especial atención en los sitios en los que la vulnerabilidad es de moderada a alta y controlar los vertimientos y la disposición de residuos sólidos, provenientes tanto de actividades industriales como domésticas.

De acuerdo con la ubicación de las principales zonas productoras reseñadas en los resultados, se observa que en las veredas de Chisacá, la Unión y las Margaritas en las cuales se desarrolla el cultivo de papa pastusa, se encuentran en áreas en donde la vulnerabilidad es despreciable. Este resultado es importante pues nos indica que existe una clara potencialidad de uso del recurso hídrico si se realiza una planeación adecuada de explotación y mejoramiento de los procesos productivos.

Dentro de la vereda el Hato existe un sector que presenta vulnerabilidad despreciable y otro vulnerabilidad moderada. Este último requiere un especial manejo teniendo en cuenta que la presencia de cultivos de papa pastusa en la zona, que son tratados con diferentes agroquímicos, incrementa la probabilidad de contaminación del recurso hídrico debido las características geológicas del sector, que no ofrecen una capacidad suficiente de retención de contaminantes.

Curubital y el Destino presentan zonas con vulnerabilidad de moderada a baja. Las condiciones de manejo deben ser similares a las que sean implementadas

para prevenir los impactos sobre el recurso hídrico, en todas aquellas zonas en las que la vulnerabilidad haya sido evaluada como moderada.

Las áreas que presentan vulnerabilidad baja disminuyen la probabilidad de contaminación en virtud de las características geológicas, sin embargo se debe contemplar estrategias de protección que garanticen la calidad ambiental del recurso hídrico del cual hace uso la comunidad.

El Uval y Olarte presentan vulnerabilidad moderada. Estas zonas si bien cuentan con acueducto veredal, hacen uso del recurso hídrico subterráneo para el regadío de los cultivos y otros usos. Esto unido al hecho de que la vulnerabilidad determinada fue moderada implica la necesidad de un mejor manejo de los productos empleados para el control de plagas, los residuos domésticos y las instalaciones sanitarias.

En la Vereda Los Soches la vulnerabilidad esta entre despreciable y alta. En las partes donde se aprecia una vulnerabilidad alta y teniendo en cuenta que la vereda esta dentro de las áreas de protección del distrito, se espera mayor interés de la comunidad y de las autoridades ambientales, en el desarrollo de estrategias de protección del recurso hídrico. Sin embargo las vistas realizadas durante el desarrollo de este proyecto, evidenciaron un claro déficit en la gestión de residuos sólidos domésticos y en la disposición de empaques de agroquímicos empleados en los cultivos que se desarrollan en la zona.

8. LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

INTRODUCCIÓN

Como resultado del trabajo de grado realizado, surge la necesidad de proponer algunas estrategias encaminadas a mitigar los impactos generados por la problemática identificada a manera general sobre el recurso hídrico de la localidad de Usme.

En este sentido, se realizó una identificación de los principales problemas que afectan el recurso hídrico de la localidad con base en los resultados obtenidos en este trabajo y en los diagnósticos realizados por la Alcaldía local de Usme y entidades adjuntas como el Hospital Distrital de la localidad. Con estos elementos se identificaron las causas de la problemática y se definieron los responsables según sus funciones.

Finalmente, se plantean una serie de programas que buscan controlar el deterioro del recurso, fortaleciendo la participación de la comunidad en los procesos de mejoramiento técnico y de gestión.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD

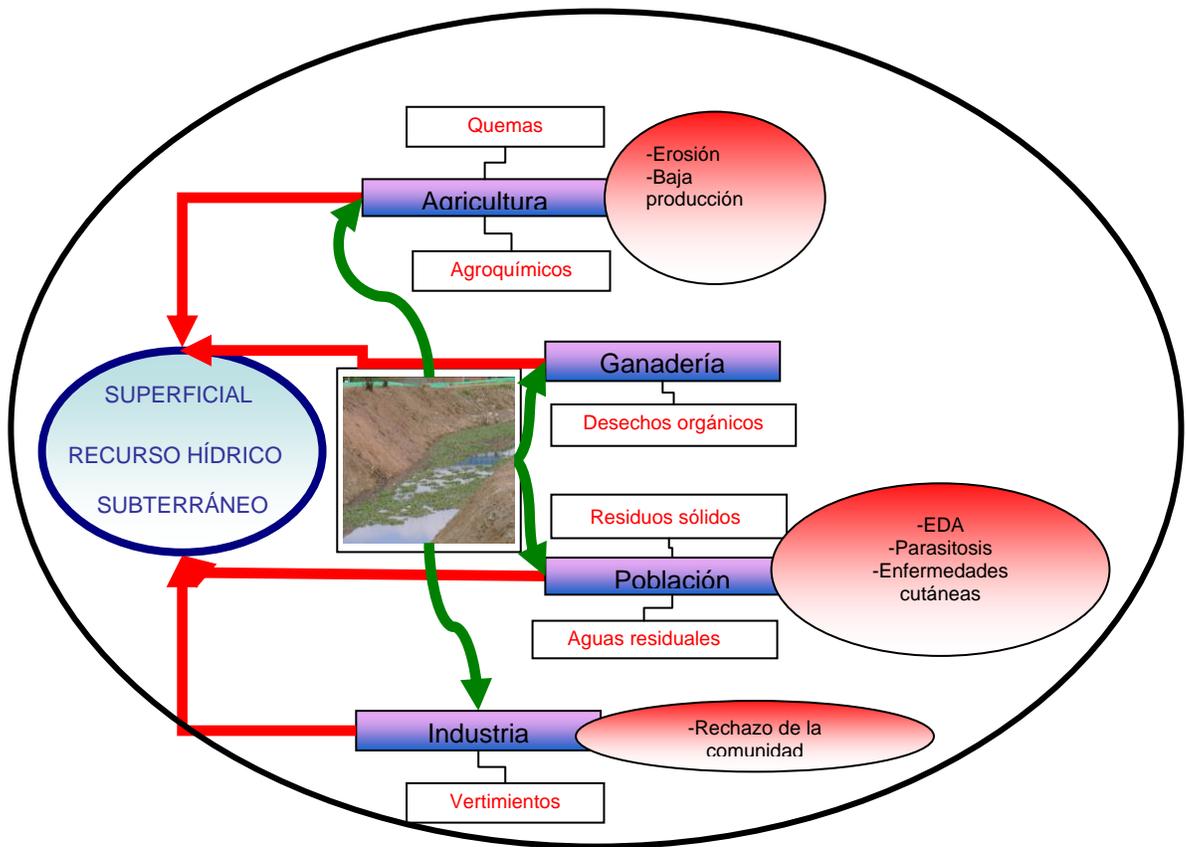


Fig. 29. Diagrama Sistémico de la problemática del recurso hídrico en la localidad de Usme

Usme es una localidad que debido a su cercanía al Distrito Capital, se ha constituido en un área muy propicia para la extensión del área urbana, sobre todo para barrios populares y de estratos bajos.

El proceso de expansión urbana ha involucrado a este municipio cuyo suelo es esencialmente de vocación agrícola, en una dinámica urbana que tiene como consecuencia que la problemática de la ciudad, se traslade a las zonas rurales.

Sin embargo, a pesar del creciente interés del Distrito Capital en Usme, como zona potencial para la expansión urbana, muchas veredas de este Municipio, tienen dificultades de acceso a los servicios básicos. Algunas de las veredas aún no cuentan con acueducto, tal es el caso de la Vereda Curubital, el suministro del recurso hídrico para las zonas que no cuentan con ningún sistema de suministro del recurso se hace a través de fuentes como pozos, aljibes, directamente de ríos, quebradas, nacimientos y agua lluvia. Ver (Fig 30).

**Acueducto veredal.
Vereda Olarte**



**Manantial Vereda Los Soches. Bosque -
Boquerón**



El suministro del recurso hídrico es desigual en el área rural un 77,4%¹⁵ carece del servicio de acueducto. Existen veredas que cuentan con acueductos veredales administrados por las juntas de acción y veredas que utilizan fuentes como pozos manantiales o quebradas y ríos.

Fig. 30 Fuentes de abastecimiento de recurso hídrico en la zona

En muchos de los casos, la imposibilidad de contar con un acueducto y un sistema de alcantarillado, ha contribuido a la ocurrencia de una de las problemáticas ambientales más serias que enfrentan algunas de las veredas de la localidad.

¹⁵ Resultados tomados del Proyecto Integral de Salud Localidad Quinta Usme. 2005-2008 Hospital de Usme

La carencia de interceptores en las quebradas, favorece que las aguas residuales sean vertidas directamente en los cauces generando contaminación. La localidad no cuenta con un sistema de alcantarillado que separe las aguas lluvias de las aguas negras especialmente alrededor de la cuenca del río Tunjuelo.

En otras veredas, que tienen una larga trayectoria en el desarrollo de actividades agropecuarias, como la Vereda Olarte, en los últimos años se han presentado problemas asociados a la existencia de monocultivos, que generan una disminución considerable en la fertilidad de los suelos y la ocurrencia de procesos erosivos. Ver (Fig 31).

Cultivo papa Vereda los Soches



Cultivo de papa Vereda Olarte



Dentro de las principales actividades en la zona rural de la localidad, se encuentra el cultivo de papa de la variedad pastusa. Hay un predominio de este monocultivo en forma general en la localidad alternado con el cultivo de arveja. Otra importante actividad agropecuaria es la ganadería.

Fig. 31 Actividades agrícolas desarrolladas en la localidad de Usme.

Por otra parte, la posibilidad en aumento de comercialización de los productos agrícolas ha obligado a los agricultores dueños de tierras y a los arrendatarios de

fincas productivas, a emplear productos como fertilizantes y pesticidas, que en algunas ocasiones son utilizados a pesar de la prohibición de la ULATA, con el agravante de que sus empaques son depositados, sin ningún tipo de precaución en la zonas de los cultivos y en algunas fuentes hídricas cercanas, poniendo en peligro la calidad del agua que ellos mismos consumen e incrementando la posibilidad de que cuerpos de agua sub superficiales también se vean afectados. Ver (Fig 32).

Empaques agroquímicos



Empaques de fertilizantes



En las visitas realizadas durante el desarrollo del Trabajo de grado, se encontró que los recipientes y empaques de agroquímicos eran arrojados en inmediaciones de los cultivos, cerca a los canales de regadío, a quebradas y nacederos.

Fig. 32 Recipientes de agroquímicos, dentro de la zona de cultivo.

Debido a la inexistencia de una cultura de manejo adecuado de residuos, el vertimiento de basuras o la inadecuada disposición de vertimientos domiciliarios en los prados contiguos a las viviendas o en pozos sépticos que no cuentan con medidas de protección adecuadas, se ha afectado el recurso hídrico de la

localidad. Por otro lado la deficiencia en el servicio de recolección de residuos ha fomentado las prácticas de quema o deposición al aire libre. Ver (Fig 33).

Residuos sólidos Vereda los Soches



Debido a que la localidad no cuenta con una infraestructura vial que cubra la totalidad de su extensión muchas zonas veredales no cuentan con un servicio de recolección de residuos adecuado. Se observa un mal manejo de residuos sólidos.

Fig. 33 Disposición inadecuada de residuos sólidos

El asentamiento ilegal de familias sobre las áreas de protección hídrica ha traído como consecuencia que estas áreas de protección especial se vean afectadas por el aporte de residuos sólidos y líquidos generados por esta población desplazada.

Las consecuencias de la afectación del recurso hídrico se ven de alguna manera reflejadas en las cifras de morbilidad de la localidad en la que los cuadros Diarreicos y otras enteritis representan un (2.4%), las enfermedades de la Piel un

(2.5%) y parasitosis (1.1%).¹⁶ Aunque estas cifras no representan directamente casos relacionados con el uso o el consumo de agua, hay claridad por parte de las autoridades (Hospital de Usme) de que las condiciones sanitarias de la localidad en la zona rural inciden en estas cifras.

En la actualidad en la localidad se están adelantando algunos proyectos relacionados con seguridad alimentaria, que desde luego están estrechamente relacionados con las huertas caseras y la agricultura orgánica, sin embargo, pese a los adelantos que se han logrado, aún existen veredas que muestran resistencia para cambiar sus prácticas.

Actores y funciones

A continuación se presentan los diferentes actores identificados que pueden tener incidencia sobre la gestión de los recursos de la localidad y especialmente del recurso hídrico de la localidad.

Las entidades involucradas y sus respectivas funciones se representan en el siguiente grafico (ver Fig 34 y Anexo 6)

¹⁶ Informe preliminar , documento Diagnostico Local de Salud de Usme con participación Social 2007 , Hospital de Usme

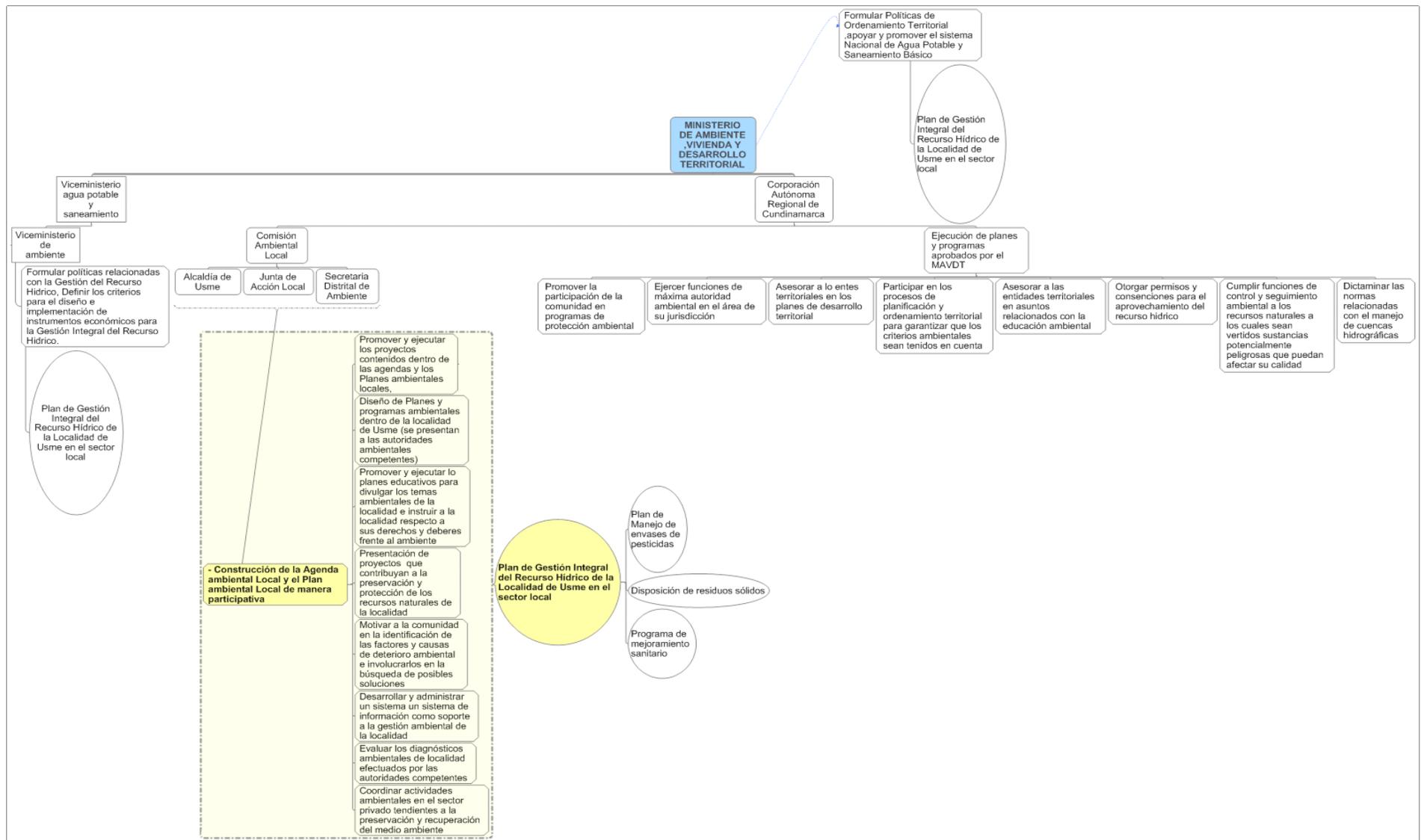


Fig. 34. Actores y funciones (ver también anexo 6)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	
	- Formular políticas tendientes a la conservación y restauración de ecosistemas y garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales, a través del manejo y protección de la diversidad biológica y los recursos naturales.
	- Propender porque se incorporen los sistemas de gestión ambiental en los sectores productivos y se adopten criterios de sostenibilidad.
	-Fortalecer la gestión del Sistema Nacional Ambiental. A través de la implementación de mecanismos de orden administrativo y financiero.
	- Apoyar y promover el desarrollo del Sistema Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico.
	- Promover el desarrollo sostenible a través de la formulación de políticas relacionadas con la planificación y el ordenamiento territorial.¹⁷

Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	
	-En coordinación con el Viceministerio de Ambiente, deberá formular e implementar las políticas relacionadas con la gestión integral del recurso hídrico.
	-Brindar asesoría al Ministro en lo que respecta a la formulación e implementación de políticas referentes al tema del agua potable y el saneamiento básico.
	-Identificar fuentes de financiación para el desarrollo de proyectos.
	-Apoyar al Ministro en la determinación de condiciones que deben cumplir los entes territoriales para acceder a la financiación estatal de proyectos de agua potable y saneamiento.
	Seguimiento a los proyectos financiados en los distintos entes territoriales.

¹⁷ Extractado de la página web del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

<p>Promover la aplicación de los principios de gestión empresarial en las entidades prestadoras de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.</p>
<p>Promover la investigación en temas relacionados con el recurso hídrico y el saneamiento básico, desarrollada por las Instituciones vinculadas al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la demás autoridades ambientales.</p>
<p>Buscar la articulación de las políticas referentes al tema del agua y el saneamiento.</p>
<p>Seguimiento de los créditos externos otorgados a la Nación para el desarrollo de programas de agua potable y saneamiento.</p>
<p>Coordinación con el Ministerio los aspectos relacionados con la cooperación internacional y el cumplimiento de los compromisos adquiridos en materia de agua y saneamiento.</p>
<p>Garantizar la calidad en la prestación de los servicios mediante la Comisión de Regulación de agua potable y saneamiento y la verificación de las normas técnicas y demás requisitos que deben cumplir las empresas.</p>
<p>Proponer estrategias para el mejoramiento en la prestación de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.</p>
<p>Gestionar la información sectorial generada por las distintas instituciones y entidades en relación con el tema del agua potable y el saneamiento, para identificar novedades en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.</p>
<p>Gestionar en coordinación con el IDEAM, la información del Sistema Nacional Ambiental relacionada con agua y saneamiento.</p>
<p>Determinar la asignación de subsidios otorgados por la Nación de su presupuesto General, para los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.</p>
<p>Definir los requisitos de calidad del agua con los que deben cumplir las entidades prestadoras del servicio.</p>
<p>Definir los criterios para el diseño e implementación de instrumentos económicos encaminados a la gestión integral del recurso hídrico.</p>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (estipuladas en la ley 99/93)

	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES
	Ejecución de los planes y programas en materia ambiental aprobados en el Plan Nacional de Desarrollo o por el Ministerio de Medio Ambiente, así como otros de carácter Regional a desarrollar dentro del área de su jurisdicción.
	- De acuerdo con las directrices y lineamientos impuestos por el Ministerio, deberá ejercer las funciones de máxima autoridad ambiental en el área correspondiente a su jurisdicción.
	- Promover la participación de la comunidad en programas de protección ambiental.
	- Coordinar la preparación de los programas de desarrollo medio ambiental en los que tengan participación varias de las instituciones que forman parte del SINA y asesorar a los distintos entes territoriales en el diseño de planes de desarrollo ambiental.
	- Participar en los procesos de planificación y ordenamiento territorial, para garantizar que el factor ambiental sea tenido en cuenta en ellos.
	- Realizar convenios con otras entidades e instituciones encargadas también de la protección del medio ambiente y los recursos naturales, a fin de lograr mayor eficiencia en el cumplimiento de sus funciones administrativas.
	- Realizar investigaciones conjuntas con las demás instituciones que forman parte del SINA, en materia de ambiente y recursos naturales renovables.
	- Asesorar a las entidades territoriales en asuntos relacionados con la formulación de planes de educación ambiental de carácter formal y no formal, de manera acorde a los requerimientos de la Política Nacional Ambiental.
	- Otorgar licencias, permisos, concesiones y autorizaciones para la utilización o el aprovechamiento de los recursos naturales o para la ejecución de proyectos, obras o actividades que puedan causar impactos negativos al ambiente. Así como otorgar concesiones para aprovechamientos forestales y de recurso hídrico superficial y subterráneo.
	- Dentro del área de su jurisdicción, fijar los límites admisibles de emisiones de sustancias o productos que puedan afectar el medio ambiente, así como limitar la utilización de sustancias causantes de degradación ambiental. Estas disposiciones y

<p>regulaciones nunca deben ser menos severas que las definidas por el Ministerio del medio Ambiente.</p>
<p>- Funciones de vigilancia y control de proyectos o actividades relacionadas con la exploración, explotación y uso de recursos naturales no renovables, al igual que debe vigilar aquellas actividades que puedan generar deterioro ambiental.</p>
<p>- Cumplir funciones de control y seguimiento ambiental de los componentes aire, agua, suelo y otros recursos naturales, a los cuales se han vertido sustancias potencialmente peligrosas que puedan afectar la calidad de los recursos e impedir que sean empleados para otros usos. Estas funciones implican la expedición de las licencias o permisos correspondientes.</p>
<p>- Cobro de tasas por concepto de usos y aprovechamiento de recursos naturales renovables.</p>
<p>- Controlar la movilización y comercialización de recursos naturales renovables, en coordinación con otras entidades y corporaciones autónomas regionales, y expedir las licencias para la movilización de recursos naturales renovables.</p>
<p>- Administrar, bajo la supervisión del Ministerio del Medio Ambiente, las áreas de parques naturales.</p>
<p>- Administrar los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación y las reservas forestales.</p>
<p>- Imponer las sanciones correspondientes en caso de violación a las normas de protección ambiental y de manejo de recursos naturales.</p>
<p>- Dictaminar las normas relacionadas con el manejo de cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de jurisdicción.</p>
<p>- Promoción y ejecución de obras de protección contra inundaciones.</p>
<p>- En coordinación con las entidades territoriales, proyectos o programas de desarrollo sostenible, así como otras obras encaminadas a la descontaminación o recuperación de los recursos naturales renovables y el ambiente.</p>
<p>- Colaborar con otras entidades en aspectos relacionados con la atención y prevención de desastres y en el manejo de zonas urbanas consideradas de alto riesgo.</p>
<p>- Operar el sistema de Información Ambiental en el área correspondiente a su jurisdicción.</p>

Secretaría Distrital de Ambiente:

Esta entidad, que cuenta con autonomía administrativa y Financiera, tiene como finalidad la formulación de políticas ambientales y de aprovechamiento sostenible de los recursos, y además de esto tiene a su cargo la conservación del sistema de áreas protegidas. Todo lo anterior para dar cumplimiento a lo estipulado en la Constitución del 91, en relación con los derechos fundamentales y colectivos que tienen relación con el medio ambiente.¹⁸

Dentro de sus funciones básicas están:

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES
Formulación de la política ambiental del Distrito Capital.
Coordinación del Sistema Ambiental del Distrito Capital, SIAC.
Ejercer funciones de autoridad ambiental en el Distrito Capital.
Formulación y revisión del plan de gestión ambiental para el Distrito Capital.
Formular y apoyar la investigación en temas como la conservación, mejoramiento, valoración y uso sostenible de los bienes y servicios ambientales en el Distrito.
Promover la conservación de la Estructura Ecológica Principal y del Recurso hídrico superficial y subterráneo del Distrito Capital a través de planes, programas y proyectos tendientes a su consolidación y enriquecimiento.
Formulación, implementación y coordinación de la política de conservación y uso de las áreas protegidas del Distrito Capital.
Definición de lineamientos ambientales rectores de la administración pública distrital.
En conjunto con las entidades competentes, definir la política de gestión estratégica del ciclo del agua.
En coordinación con las entidades competentes, formular, ejecutar e implementar la política de educación ambiental distrital.
Funciones de vigilancia y control sobre el cumplimiento de las normas de protección

¹⁸ Extractado de la Página Web, de la Secretaría Distrital de Ambiente.

<p>ambiental y manejo de recursos naturales, e imposición de sanciones a quienes incumplan la normatividad.</p>
<p>Operar el sistema de información ambiental del Distrito Capital.</p>
<p>Efectuar el seguimiento de programas y proyectos ambientales asociados con la planificación urbanística del Distrito Capital.</p>
<p>Diseño de estrategias para el mejoramiento de la calidad del aire y para prevenir la contaminación visual y auditiva, mediante la instalación de redes de monitoreo.</p>
<p>Fortalecimiento de organizaciones ambientales urbanas y rurales.</p>
<p>Efectuar control de vertimientos y emisiones causantes de contaminación así como de la disposición de residuos sólidos y desechos peligrosos.</p>
<p>Dictaminar medidas correctivas o de mitigación a daños ambientales y apoyar las acciones de la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá, en lo relacionado con proyectos de saneamiento y descontaminación conjuntamente con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.</p>
<p>Promoción y desarrollo de programas educativos relacionados con ecología, botánica y conservación de recursos naturales.</p>
<p>Programas de ornamentación de la ciudad.</p>
<p>Proporcionar asistencia técnica, agropecuaria y ambiental a los productores rurales.</p>
<p>Formular lineamientos en aspectos como las normas relacionadas con el ordenamiento territorial y el uso de suelo, urbano y rural.</p>
<p>Formulación de planes tendientes a garantizar la sostenibilidad ambiental regional y Distrital.</p>
<p>Participación en la elaboración y ejecución del POT.</p>
<p>Articulación de los planes y políticas de desarrollo regional y urbano.</p>
<p>Coordinar con las entidades correspondientes la elaboración y diseño de políticas relacionadas con el manejo y atención de desastres, la disposición de residuos y el manejo del recurso hídrico en el Distrito Capital.</p>
<p>Elaborar y diseñar políticas tendientes al desarrollo económico urbano y rural en el Distrito Capital.</p>

La Alcaldía Local de Usme:

Haciendo uso de sus atribuciones y de conformidad con lo estipulado dentro de la Constitución Política de Colombia, la ley 99 de 1993 y en el Decreto - Ley 421 de 1993. Dicta el Decreto Local 002 de 2007, mediante el cual se conforma la Comisión Ambiental Local de Usme, de acuerdo con el Decreto 697 de 1993, en el cual se definen los criterios para el establecimiento de las funciones de la Comisiones Ambientales Locales.¹⁹

Comisión Local Ambiental de Usme:

Cuyo fin es crear un espacio que facilite la participación, la divulgación y el fortalecimiento de la política pública ambiental en el Distrito, de conformidad con el Decreto 697 de 1993.

	Integrantes de la Comisión Ambiental Local de Usme:
	1. Alcalde o Alcaldesa Local de Usme.
	2. Delegado (a) de la Secretaria Distrital de Ambiente.
	3. Edil o Edilesa, elegido por la Junta Administradora Local, encargado de los temas Ambientales en Usme, o su delegado.
	4. Delegado (a) Secretaria Distrital de Planeación.
	5. Gerente del Hospital o su Delegado.
	6. Dos representantes de Organizaciones Ambientales en la localidad de Usme.
	7. Un representante de las Organizaciones Cívicas de la localidad.
	8. Estudiante de Bachillerato que estudie y viva en la localidad.
	9. Un representante de las Unidades Ambientales de Investigación y Acción.

	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES
	- La construcción de la Agenda Ambiental Local y el Plan Ambiental Local, de manera

¹⁹Tomado del documento de la Secretaria General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D:C. Decreto Local 002 de 2007 de la Alcaldía de Usme, publicado en el Registro Distrital 3788 de Junio 27 de 2007.

<p>participativa.</p>
<p>- Promover y ejecutar los proyectos contenidos dentro de las Agendas Ambientales y el Plan de Gestión Ambiental.</p>
<p>- Diseño de planes y proyectos ambientales en la localidad de Usme y presentarlos a las autoridades competentes en el tema.</p>
<p>- Promover y ejecutar programas educativos, para divulgar los temas ambientales de localidad e instruir a la comunidad respecto a sus derechos y deberes en relación con el ambiente.</p>
<p>Coordinación y ejecución de campañas tendientes al mejoramiento ambiental en la localidad de Usme, con participación activa de la comunidad.</p>
<p>- Promover la creación de asociaciones de tipo ambiental, ecológico, cívico y/o comunitario cuya finalidad sea la ejecución de proyectos ambientales.</p>
<p>- Presentación de proyectos que contribuyan a la preservación y protección de los recursos naturales de la localidad, ante la Junta Administradora Local de Usme.</p>
<p>- Motivar a la comunidad a participar en la identificación de los factores y causas de deterioro ambiental e involucrarlos en la búsqueda de posibles soluciones.</p>
<p>- Instruir a la comunidad en la utilización de los mecanismos legales existentes para asegurar la conservación del medio ambiente.</p>
<p>- Desarrollar y administrar un sistema de información como soporte a la gestión ambiental de la localidad.</p>
<p>- Evaluar los diagnósticos ambientales de la localidad, efectuados por las autoridades competentes en materia ambiental.</p>
<p>- Coordinar actividades ambientales con el sector privado de la localidad, tendientes a la preservación y recuperación del medio ambiente.</p>
<p>- Celebración de fechas de conmemoración ambiental de interés para la localidad.</p>
<p>- Conocer y analizar los diagnósticos que afecten o involucren el medio ambiente de la localidad, relacionados con la prevención de riesgos y/o desastres.</p>
<p>- Creación de mecanismos que faciliten la evaluación del impacto de la ejecución de la política pública ambiental, en los distintos ámbitos de la gestión ambiental local.</p>

	Funciones de la Alcaldía local de USME
	1. Presidir la Comisión Ambiental Local.
	2. Apoyar, promover y fortalecer la Comisión Ambiental Local.
	3. Reglamentar las distintas etapas de la Comisión Ambiental Local, de acuerdo con lo estipulado en la legislación que rige su creación y funcionamiento.

	Funciones de la Junta Administradora Local: el representante de la Junta Administradora Local, encargado de los temas ambientales en la localidad de Usme:
	1. Asistir a las reuniones convocadas por la Comisión.
	2. Servir de vínculo entre la Comisión Ambiental Local y la Junta Administradora Local, en lo que se refiere a debates, propuestas y proyectos que se discutan al interior de la comisión.

PROGRAMAS PROPUESTOS

El objetivo de identificar los actores institucionales con incidencia en la localidad de Usme, es el de por un lado, dar un soporte jurídico a la solución del problema y, por el otro, proponer una serie de programas, desde la perspectiva de esta investigación, que contribuirán de manera significativa al mejoramiento del recurso hídrico de la localidad. Los programas planteados parten de la experiencia vivida durante el desarrollo del proyecto y programas que se encuentran en desarrollo en la actualidad pero que requieren una evaluación y refuerzo. Ver (Fig 35 y Anexo 7).

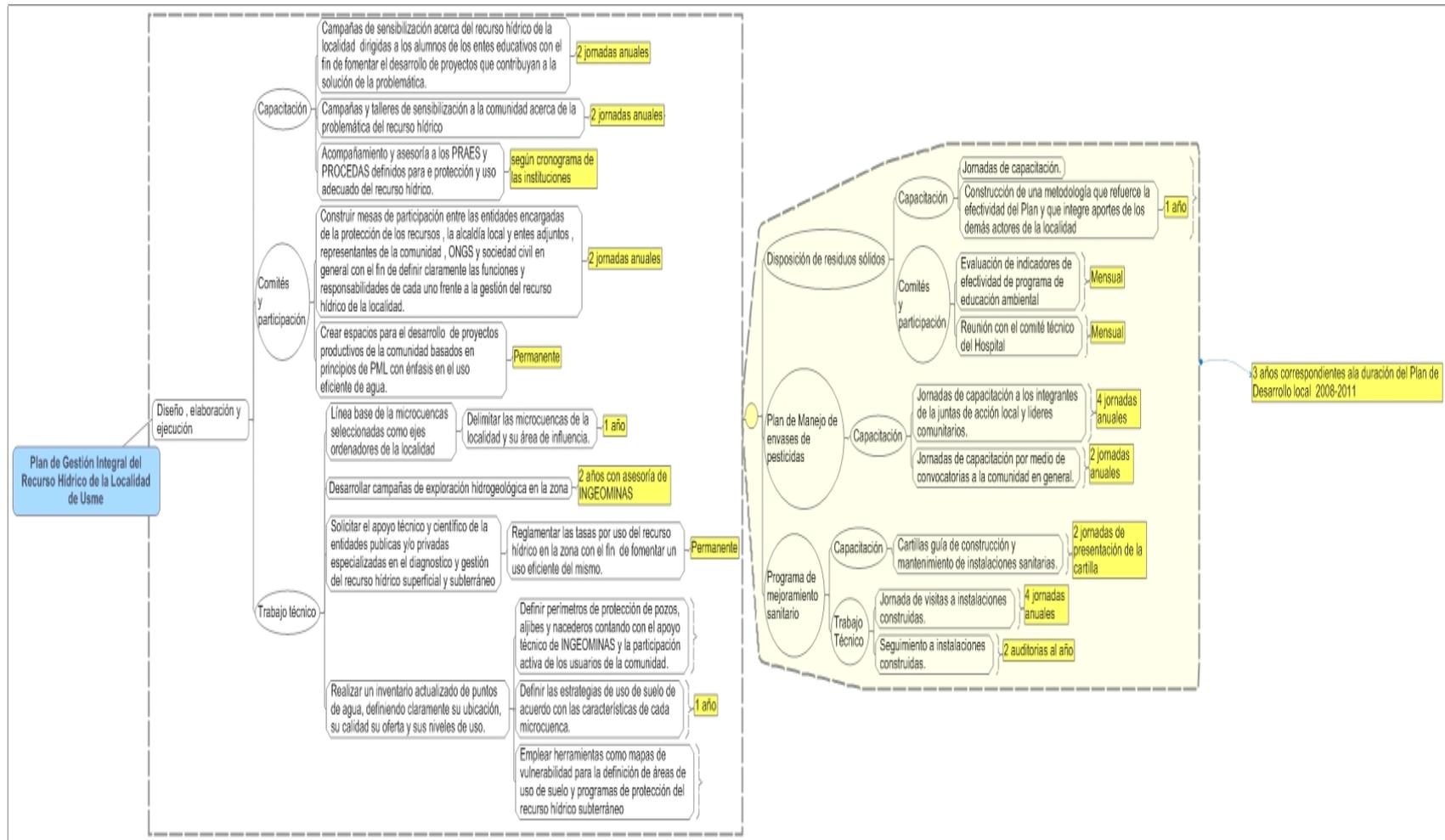


Fig. 35 Diagrama programas propuestos y plazos de ejecución (Ver también anexo 7)

Tabla 18. Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la localidad de Usme

Lineamientos para la protección y uso adecuado del recurso hídrico en la localidad de Usme			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Plan de Gestión Integral del Recurso hídrico en la localidad de USME
	Actores	Líder	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
		Coejecutores	-COMISION LOCAL AMBIENTAL-- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. -EAAB - INGEOMINAS -COMUNIDAD : Junta de Acción Comunal Vereda Agua Linda Chiguaza, Junta de Acción Comunal Vereda Arrayanes – Argentina, Junta de Acción Comunal Vereda Chizaca, Junta de Acción Comunal Vereda Curubital, Junta de Acción Comunal Vereda el Destino, Junta de Acción Comunal Vereda el Hato, Junta de Acción Comunal Vereda el Olarte, Junta de Acción Comunal Vereda el Uval, Junta de Acción Comunal Vereda la Requilina, Junta de Acción Comunal Vereda Los Soches, Junta de Acción Comunal Vereda las Margaritas, Junta

			<p>de Acción Comunal Vereda Parcelas el Bosque, Junta de Acción Comunal Veredas Cerro Redondo y Corinto, Junta de Acción Comunal Villa Rosita</p> <p>-ONGS : Asociación para la Gestión Ambiental y el desarrollo comunitario GEAMCO, Asociación por un mejor mañana, Cooperativa de servicios públicos de los barrios altos de Usme, Cooperativa de trabajo asociado de RECIC , Corporación comunitaria para el progreso de la comunidad CORPOCAL, Corporación WAIRA, Fundación ecológica Suasie yewae, Grupo la unión de Yomasa para la defensa del medio ambiente.</p>
Marco Normativo		<p>Constitución política del 1991</p> <p>Ley 99 del 93</p> <p>Política para la Gestión Integral del Agua elemento integrador del Territorio. MAVDT, Dirección de Ecosistemas</p> <p>Decreto 1541 de 1978 .Regulaciones para explotación de aguas subterráneas y hace obligatorias las concesiones.</p> <p>Decreto 1594 de 1986 del Ministerio de Salud , fija los decretos sancionatorios de aplicación al recurso hídrico subterráneo</p> <p>Decreto 155 de 2003 de MAVDT define la metodología para determinar la tasa por uso de aguas subterráneas</p> <p>Resolución 240 del 2004 MAVDT , mediante la cual se fija la tarifa mínima para tasa por uso</p> <p>Resolución 815 de 1987 del DAMA , que obliga a implementar un sistema de medición para la explotación del recurso hídrico subterráneo</p>	

		<p>Resolución 250 de 1997 DAMA obliga al control de niveles y monitoreo e calidad</p> <p>Resolución 1391 del 2003 del DAMA referente a los formatos para realizar tramites para obtención de prorroga o una nueva concesión de agua</p> <p>Resolución 1148 del 2005 DAMA , mediante la cual se acoge la tarifa mínima para aplicaron en el distrito</p> <p>Decreto 1729 del 2002 MAVDT, Ordenamiento de cuencas.</p> <p>Decreto 1743 de 1994. Ministerio de Ambiente, programas de educación ambiental</p> <p>Decreto 1594 de 1984 usos de agua y residuos líquidos.</p> <p>Decreto 3100 del 2003 MAVDT tasas retributivas por utilización de aguas como receptor de vertimientos puntuales</p> <p>Decreto 3440 del MAVDT de 2004 que modifica al 3100</p> <p>Ley 812 del 2003 , Política Nacional de Educación ambiental</p> <p>Decreto 1200 de 2004, instrumentos de planificación ambiental y se adoptan otras disposiciones.</p>
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN
Objetivos	General	Proponer actividades encaminadas a la conservación y uso eficiente del recurso Hídrico en la localidad de Usme
	Específicos	1. Promover y fortalecer los PRAES y los PROCEDAS que contribuyan protección y uso adecuado del recurso hídrico en la localidad de Usme.

		2. Promover acciones conjuntas entre a alcaldía y la sociedad civil para prevenir la degradación de los recursos hídricos.
		3. Elaborar una base de dato que contenga información referente a oferta y calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo de la localidad con el fin de contar con información actualizada en estos dos aspectos.
		4. Generar mecanismos tendientes a la coordinación interinstitucional en función de la planificación territorial y ambiental relacionada con el recurso hídrico y la gestión integral del agua.
		5. Programar conjuntamente entre la alcaldía local y el viceministerio la ampliación de las redes de acueducto y alcantarillado a través de proyectos semilla.
		6. Buscar financiación de proyectos de saneamiento básico en las fuentes de cooperación internacional.
		7. Buscar dentro de las fuentes de cooperación internacional posible financiación para investigación en los temas ambientales de interés para la localidad de Usme.
Análisis del problema	Gestión integral del recurso hídrico	Contaminación hídrica por el desarrollo de diferentes actividades antrópicas relacionadas con el uso agrícola del suelo que contemplan el empleo de pesticidas y fertilizantes, la carencia de un adecuado sistema de alcantarillado, el crecimiento demográfico de la localidad.
Actividades		Delimitar las microcuencas de la localidad y su área de influencia.
		Definir la línea base de la microcuencas seleccionadas como ejes ordenadores de la localidad
		Definir las estrategias de uso de suelo de acuerdo con las características de cada microcuenca.

	Campañas de sensibilización acerca del recurso hídrico de la localidad dirigidas a los alumnos de los entes educativos con el fin de fomentar el desarrollo de proyectos que contribuyan a la solución de la problemática.
	Campañas y talleres de sensibilización a la comunidad acerca de la problemática del recurso hídrico
	Acompañamiento y asesoría a los PRAES y PROCEDAS definidos para e protección y uso adecuado del recurso hídrico.
	Crear espacios para el desarrollo de proyectos productivos de la comunidad basados en principios de PML con énfasis en el uso eficiente de agua.
	Definir perímetros de protección de pozos, aljibes y nacedores contando con el apoyo técnico de INGEOMINAS y la participación activa de los usuarios de la comunidad.
	Construir mesas de participación entre las entidades encargadas de la protección de los recursos , la alcaldía local y entes adjuntos , representantes de la comunidad , ONGS y sociedad civil en general con el fin de definir claramente las funciones y responsabilidades de cada uno frente a la gestión del recurso hídrico de la localidad.
	Desarrollar campañas de exploración hidrogeológica en la zona
	Reglamentar las tasas por uso del recurso hídrico en la zona con el fin de fomentar un uso eficiente del mismo.
	Solicitar el apoyo técnico y científico de la entidades publicas y/o privadas especializadas en el diagnostico y gestión del recurso hídrico superficial y subterráneo
	Emplear herramientas como mapas de vulnerabilidad para la definición de áreas de uso de suelo y programas de protección del recurso hídrico subterráneo
	Fuentes posibles de financiamiento de proyectos y programas de investigación: OEA – Cooperación técnica y financiera con énfasis en el desarrollo sostenible y la participación comunitaria. Proyectos que financia: Ordenamiento y manejo de micro cuencas y conservación de parques.

		Departamento Británico para el Desarrollo Internacional- Cooperación Financiera y técnica Temáticas de la cooperación: Medio ambiente control de la contaminación de aguas subterráneas.
		Realizar un inventario actualizado de puntos de agua, definiendo claramente su ubicación, su calidad su oferta y sus niveles de uso.
Indicadores del proyecto	Técnicos	Balance de consumo de agua ver Anexo 8 PGIRH-IND-02
	Gestión	-Asistencia a eventos y mesas de participación (AE) ver Anexo 8 PGIRH-IND-01 - Capacitación (CP) ver Anexo 8 PGIRH-IND-11 - Programas medio ambientales implementados (NPI) ver Anexo 8 PGIRH-IND-03 -Cumplimiento de metas (CM) ver Anexo 8 PGIRH-IND-06

Tabla. 19 Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la localidad de Usme

Fortalecimiento institucional			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Fortalecimiento institucional
	Actores	Líder	COMISION LOCAL AMBIENTAL
		Coejecutores	ALCALDIA LOCAL- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE-EAAB- CAR-JUNTAS DE ACCION LOCAL -ONGS
Marco Normativo		- Ley 99 de 1993 -Decreto 697 de 1993	
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN	
Objetivos	General	Definir las competencias y funciones de los entes institucionales y civiles, respecto a la gestión ambiental en la localidad de Usme.	
	Específicos	1. Poner en marcha procesos de co-gestión local para el manejo de los recursos naturales que generen beneficios en la población y garanticen la recuperación de los mismos en la localidad.	
		2. Centralizar en la comisión ambiental local, las decisiones prioritarias, respecto al manejo de la problemática ambiental de la localidad.	
		3.Desarrollar programas conjuntos de asesoría y asistencia técnica interinstitucional	
Análisis del problema	Cohesión institucional	No existe una clara definición de las funciones institucionales ni articulación en las acciones propuestas, lo que ha llevado a la superposición de jurisdicciones de las entidades ambientales, que ejercen funciones en la localidad. El caso mas evidente es el de la CAR y la Secretaria Distrital de Ambiente ambas con funciones sobre la localidad por su carácter urbano-rural.	

Actividades		-Definir proyectos clave de participación conjunta. Uno de estos puede ser un proyecto de mejoramiento sanitario con participación, las dos autoridades ambientales como coordinadores y la Empresa de Acueducto como ejecutor.
		-Dotar de autonomía a la comisión local ambiental para la toma de decisiones urgentes respecto al tema ambiental de la localidad.
		-Proponer como integrante de la comisión local a un delegado de la CAR
		-Permitir la participación de la comunidad, en el seguimiento a las actividades de la comisión ambiental, por medio de las veedurías distritales.
Indicadores del proyecto	Técnicos	
	De gestión	- Cooperación interinstitucional ver Anexo 8 PGIRH-IND-04

Tabla. 20 Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la localidad de Usme

Programa de Monitoreo y seguimiento			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Monitoreo y seguimiento
	Actores	Líder	COMISION LOCAL AMBIENTAL
		Coejecutores	ALCALDIA LOCAL- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE-EAAB- CAR-JUNTAS DE ACCION LOCAL -ONGS
Marco Normativo		- Ley 99 de 1993 -Decreto 697 de 1993	
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN	
Objetivos	General	Implementar un sistema de seguimiento y evaluación que garantice las respuestas del programa a las expectativas de las comunidades locales y permita monitorear el impacto de las intervenciones en el mejoramiento de las condiciones de vida	
	Específicos	1. Definir los proyectos o programas prioritarios para el mejoramiento del recurso hídrico.	
		2. Construir un cronograma de ejecución de los programas y/o proyectos seleccionados por el comité ambiental con previa aprobación de las autoridades.	
		2. Evaluar la efectividad de las medidas propuestas en el programa de gestión del recurso hídrico de la localidad de Usme.	
		3. Evaluar la eficacia de los programas implementados ,referentes a obras de mejoramiento de la infraestructura local teniendo en cuenta el porcentaje de avance de acuerdo a los cronogramas establecidos	
		4. Evaluar periódicamente el cumplimiento de las metas ambientales establecidas por la comisión ambiental local.	
5. Construir un cronograma de auditorias sobre los programas diseñados y presentados por la			

		comisión ambiental en lo referente a mejoramiento ambiental de la localidad.
Análisis del problema	Monitoreo y seguimiento	La evaluación periódica del cumplimiento y efectividad de los proyectos y programas propuestos para el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico en la localidad de Usme, debe ser un objetivo claro para los integrantes de la comisión local ambiental. En este sentido se elabora un programa de monitoreo y seguimiento que sirva como sistema de información para la comisión y las personas interesadas en evaluar el desempeño ambiental de la localidad.
Actividades		- Presentación y selección de los programas y/o proyectos ambientales a implementar.
		-Definición de las fuentes de financiación , ya sean distritales ,nacionales o internacionales
		-Reunión de la comisión ambiental para definir el cronograma de implementación de los proyectos y programas aprobados
		-Definición del grupo evaluador
		- Consecución de un equipo externo de auditores técnicos y económicos
Indicadores del proyecto	Técnicos	- Índice a de calidad del agua potable (Secretaria de Ambiente) ver Anexo 8 PGIRH-IND-05
	De gestión	Proyectos - Capacitación (CP) ver Anexo 8 PGIRH-IND-11 - Programas medio ambientales implementados (NPI) ver Anexo 8 PGIRH-IND-03 -Cumplimiento de metas (CM) ver Anexo 8 PGIRH-IND-06

Tabla. 21 Plan de Manejo de envases de plaguicidas de la localidad de Usme

Lineamientos para la protección y uso adecuado del recurso hídrico en la localidad de Usme			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Plan de Manejo de envases de plaguicidas en la localidad de Usme
	Actores	Líder	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
		Coejecutores	-COMISION LOCAL AMBIENTAL-- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. -EAAB- -COMUNIDAD - INGEOMINAS -ONGS - ULATA

<p>Marco Normativo</p>		<p>-<i>Guía ambiental para el subsector de plaguicidas</i>, MAVDT, ANDI 2003</p> <p>-Decisión 436 de 1998 de la Comisión de la Comunidad Andina Norma Andina de registro y control de PQUA</p> <p>-Decreto 1449 1977. Manejo de aguas en predios rurales</p> <p>-Ley 430 de 1998. Residuos peligrosos</p> <p>-Resolución 3079 de 1995.</p> <p>-Resolución 1068 1996 Manual técnico de ampliación e insumos agrícolas.</p>
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN
<p>Objetivos</p>	<p>General</p>	<p>Capacitar a los productores campesinos de la localidad de Usme en el manejo adecuado de recipientes y envases que contengan cualquier tipo de plaguicidas con el fin de mitigar impactos ambientales sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo.</p>
	<p>Específicos</p>	<p>1. Capacitar a la comunidad en la identificación de residuos peligrosos.</p>
		<p>2. Capacitar a la comunidad en medidas de contingencia en caso de derrames</p>
		<p>3. Capacitar a la comunidad en gestión integral de residuos peligrosos (pesticidas).</p>
		<p>4. Dar a conocer a la comunidad la <i>Guía ambiental para el subsector de plaguicidas</i> y la <i>Guía ambiental para el cultivo de papa</i></p>
		<p>5. Capacitar a los usuarios en dosificación y aplicación adecuado de agroquímicos según la <i>Guía ambiental para el sub sector de plaguicidas</i>.</p> <p>6. Evaluar los programas de custodia de producto de Syngenta S.A adelantados en la localidad de Usme como prueba piloto.</p> <p>7. Comprometer a las empresas productoras de agroquímicos, por medio de convenios o acuerdos, para que brinden el apoyo técnico a la comunidad en el manejo de empaques usados de sus productos.</p>

Análisis del problema	Contaminación hídrica con residuos de agroquímicos	La posibilidad en aumento de comercialización de los productos agrícolas ha obligado a los agricultores dueños de tierras y a los arrendatarios de fincas productivas, a emplear productos como fertilizantes y pesticidas, con el agravante de que sus empaques son depositados, sin ningún tipo de precaución en la zonas de los cultivos y en algunas fuentes hídricas cercanas, poniendo en peligro la calidad del agua que ellos mismos consumen e incrementando la posibilidad de que cuerpos de agua sub superficiales también se vean afectados
Actividades		<ul style="list-style-type: none"> -Jornadas de capacitación a los integrantes de la juntas de acción local y lideres comunitarios. -Jornadas de capacitación por medio de convocatorias a la comunidad en general. - Convocatoria a las empresas productoras de agroquímicos para la presentación de propuestas de disposición final de recipientes usados - Presentación de los resultados del proyecto de custodia de Syngenta S.A a la comunidad y a las autoridades locales.
Indicadores del proyecto	Técnicos	- Recolección de envases de agroquímicos (REA) ver Anexo 8 PGIRH-IND-08
	De gestión	<ul style="list-style-type: none"> - Asistencia a eventos y mesas de participación (AE) ver Anexo 8 PGIRH-IND-01 -Compromisos o acuerdos con las empresas productoras de Agroquímicos para la recolección de empaques usados ver Anexo 8 PGIRH-IND-09 -Capacitaciones (CP) ver Anexo 8 PGIRH-IND-11

Tabla. 22 Programa de Disposición de residuos sólidos

Lineamientos para la protección y uso adecuado del recurso hídrico en la localidad de Usme			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Programa de Disposición de residuos sólidos
	Actores	Líder	Hospital de Usme
		Coejecutores	-COMISION LOCAL AMBIENTAL--SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. -EAAB-COMUNIDAD - INGEOMINAS -ONGS
Marco Normativo		-Programa de capacitación Hospital de Usme -Resolución 1096/2000 del Ministerio de Desarrollo Económico por la cual se adopta el - Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, -Ley 09/79 del Congreso nacional por la cual se dictan medidas sanitarias, Decreto 605/97 del Ministerio de Desarrollo Económico por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo	
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN	
Objetivos	General	Apoyar las jornadas de capacitación realizadas por el hospital de Usme dirigidas al manejo adecuado de residuos sólidos de carácter doméstico por medio de una participación activa de los entes integrantes de la comisión local ambiental	
	Específicos	1. Programas de capacitación integral en el manejo de residuos domésticos que comprometan la participación de los integrantes de la comisión.	
		2. Involucrar a la comunidad en proceso de construcción de estrategias de gestión de residuos sólidos, con el fin de incorporar experiencias y soluciones propuestas por la comunidad a las campañas de educación y gestión.	
		3.Efectuar seguimiento a los programas de capacitación por parte de los integrantes de la comisión	

		4. Evaluar los programas de capacitación por parte de los integrantes de la comisión Capacitar a la comunidad en la identificación de residuos peligrosos.
		5. Diseñar un mecanismo que facilite la recolección y disposición final de los residuos de las veredas más alejadas de la localidad.
		6. Mejorar el cubrimiento de las empresas de aseo
		7. Capacitar a la comunidad para el reciclaje.
Análisis del problema	Contaminación hídrica con residuos de agroquímicos	Debido a la inexistencia de una cultura de manejo adecuado de residuos, el vertimiento de basuras o la inadecuada disposición de vertimientos domiciliarios en los prados contiguos a las viviendas o en pozos sépticos que no cuentan con medidas de protección adecuadas, se ha afectado el recurso hídrico de la localidad. Por otro lado la deficiencia en el servicio de recolección de residuos ha fomentado las prácticas de quema o deposición al aire libre. Los programas de capacitación llevados a cabo por el Hospital de Usme no han cumplido con los objetivos planteados.
Actividades		Reunión con el comité técnico del Hospital
		Evaluación de indicadores de efectividad de programa de educación ambiental
		Jornada de recolección de información primaria referente a la visión de la comunidad del sistema general de gestión de residuos actual y propuestas de la comunidad para el mejoramiento de los procesos de recolección y disposición final en las veredas mas alejadas de la ruta de recolección del distrito
		Promover la creación alternativas económicas que involucren de manera directa a la comunidad con el compromiso de una gestión adecuada de residuos sólidos en la localidad de Usme, por ejemplo con la promoción de cooperativas de reciclaje con el apoyo técnico de la secretaria Distrital de Ambiente.
		Construcción de una metodología que refuerce la efectividad del Plan y que integre aportes de los demás actores de la localidad.
Indicadores del proyecto	Técnicos	Efectividad del Programa : -Recolección de residuos sólidos (RSS) ver Anexo 8 PGIRH-IND-10
	De gestión	Educación ambiental: Capacitaciones (CP) ver Anexo 8 PGIRH-IND-11 Opciones productivas OP Ver Anexo 8 PGIRH-IND-12

Tabla. 23 Programa de mejoramiento sanitario en la localidad de Usme

Lineamientos para la protección y uso adecuado del recurso hídrico en la localidad de Usme			
ITEM	TEMA	SUBTEMA	DESCRIPCIÓN
Identificación del Proyecto	Nombre		Programa de mejoramiento sanitario
	Actores	Líder	Hospital de Usme
		Coejecutores	-COMISION LOCAL AMBIENTAL-- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. -EAAB—COMUNIDAD Juntas comunales veredas) -ONGS - OFICINA DE PLANEACIÓN LOCAL
Marco Normativo		-Programa de mejoramiento sanitario Hospital de Usme (Proyecto integral de salud de Usme) -Organización Panamericana de Salud, Guía para construcción de letrinas pozos sépticos -Técnicas construcción de Biodigestores (Universidad de Antioquia)	
SUB-ITEM	TEMA	INFORMACIÓN	
Objetivos	General	Proporcionar el apoyo técnico a los pobladores de la localidad que no cuenten con sistema de alcantarillado y hagan uso de pozos sépticos o letrinas brindando asesoría en construcción y mantenimiento de los mismos siguiendo parámetros ambientales y de salubridad dando continuidad a los programas propuestos por el Hospital de Usme	
		1. Desarrollar campañas de salubridad, enmarcadas dentro del Proyecto integral de Salud de Usme, propuesto por el Hospital.	

Objetivos	Específicos	2. Construir un inventario local de instalaciones sanitarias tipo letrina y pozos sépticos
		3. Capacitar a la comunidad en la construcción ambientalmente adecuada de letrinas y pozos sépticos junto con decantadores, digestores y filtros biológicos.
		4. Realizar el acompañamiento en la etapa de construcción de las instalaciones sanitarias
		5. Realizar el acompañamiento en la etapa de mantenimiento de las instalaciones sanitarias
		6. Capacitar a la comunidad en la implementación de alternativas tendientes a la reducción de la contaminación y al mejoramiento de procesos agrícolas como los Biodigestores o el compostaje.
		7. Efectuar seguimiento y evaluar los programas de capacitación por parte de los integrantes de la comisión local ambiental.
		8. Capacitar a la comunidad en la identificación de residuos peligrosos.
		9. Adoptar tecnologías para el tratamiento del agua de consumo humano.
		Análisis del problema
Actividades		-Jornadas de capacitación relacionadas con alternativas como la utilización de filtros biológicos como complemento de pozos y letrinas.
		-Cartillas guía de construcción y mantenimiento de instalaciones sanitarias.
		- Cartillas de construcción y uso de biodigestores.
		-Jornada de visitas a instalaciones construidas.
		- Seguimiento a instalaciones construidas.
		- Invitar a los representantes de las Juntas de acción comunal de las veredas a asistir a los talleres de capacitación programados por el Hospital, relacionados con el tema de salubridad, para que ellos a su vez sean multiplicadores en cada una de sus veredas.
		- Reunir a las juntas de acción comunal de varias veredas, para el diseño de un sistema de potabilización de agua veredal.
		- Adiestrar a la comunidad en la adopción de mecanismos simples, como los tanques de almacenamiento de agua, para sedimentación con el fin de mejorar el grado de potabilidad.
Indicadores del proyecto	Técnicos	Instalaciones sanitarias (IS) ver Anexo 8 PGIRH-IND-13 Tecnologías adoptadas (TA) ver Anexo 8 PGIRH-IND-14
	De gestión	-Capacitaciones (CP) ver Anexo 8 PGIRH-IND-11

		- Asistencia a eventos y mesas de participación (AE) Anexo 8 PGIRH-IND-1
--	--	--

9. CONCLUSIONES

- A partir de los resultados obtenidos del mapa de vulnerabilidad, se cuenta con información base que puede ser empleada en la formulación de planes de ordenamiento del territorio que tengan en cuenta criterios de protección de los recursos naturales y que presten especial interés en las zonas que por sus características son más vulnerables a la degradación ambiental.

- Los resultados de laboratorio realizados en el trabajo no son concluyentes, sin embargo se complementó la información con los monitoreos realizados por el Hospital de Usme. De esta información fue posible extraer que existe una evidente contaminación del recurso hídrico subterráneo en la localidad. De los 43 puntos monitoreados solo el 12% se encontró apto para el consumo humano dejando un alarmante 88% por fuera de los conceptos de aceptabilidad de la Secretaría de Salud. Los conceptos negativos se debieron principalmente a la presencia de microorganismos (Coliformes fecales y E.coli), lo que deja claro que la deficiencia en infraestructura sanitaria de la localidad representa una de las principales amenazas del recurso y de la comunidad.

- Los resultados de los monitoreos de agua realizados por el Hospital de Usme muestran claramente una degradación del recurso subterráneo que coincide con los resultados del mapa de vulnerabilidad. Esto deja entrever la necesidad de incorporar criterios de gestión del riesgo dentro de los planes y programas de las autoridades locales encargadas del control y vigilancia de los recursos naturales con el fin de administrar de manera integral el territorio y los bienes y servicios ambientales que este ofrece.

- Las zonas que presentan una vulnerabilidad intrínseca de moderada a alta requieren de un manejo especial, por lo que las actividades que se desarrollen en estas deben ser planificadas y ejecutadas de tal forma que se disminuya la probabilidad de contaminación del recurso hídrico. En este sentido, los planes de desarrollo local y las agendas ambientales locales deben incorporar estos criterios ambientales dando cumplimiento a las disposiciones legales que exigen un manejo adecuado de los recursos naturales y una administración enmarcada en los principios de sostenibilidad.

- El método GOD para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de acuíferos a la contaminación, es una herramienta que favorece la sostenibilidad de los recursos naturales permitiendo la planificación del territorio en función de las potencialidades y debilidades del recurso hídrico de una zona de interés. De igual manera, su implementación es valiosa para regiones que no cuentan con toda la información que requieren otros métodos de determinación de la vulnerabilidad, por lo que se puede presentar como una herramienta de gestión ambiental de primera mano para regiones que cuentan con escasos recursos.

- Actualmente no se cuenta con información suficientemente depurada acerca del estado de los recursos naturales de la localidad y especialmente del recurso hídrico subterráneo, ya que la información geológica e hidrogeológica de la zona presenta imprecisiones, se encuentra desactualizada y la escala cartográfica no es la adecuada para el desarrollo de investigaciones relacionadas con el recurso subterráneo.

- La localidad de Usme representa una zona de interesante potencial, como fuente de abastecimiento del recurso hídrico para la ciudad de Bogotá D.C, no solamente

del recurso hídrico superficial sino del recurso hídrico subterráneo dada su ubicación con relación a las zonas de recarga hídrica, sus características geológicas y climáticas y su cercanía al Distrito Capital.

10. RECOMENDACIONES

- Se debe mejorar el nivel de información relacionada con las características geológicas e hidrogeológicas, los inventarios de fuentes del recurso y las bases de datos de usuarios legales e ilegales.
- Se debe depurar la información que corresponde a índices de morbilidad y mortalidad de tal manera que sea posible correlacionarla con el consumo de agua contaminada en puntos debidamente localizados. De esta manera se puede ejercer un control sanitario eficiente.
- Los monitoreos de calidad de agua deben incluir parámetros que permitan determinar la presencia de pesticidas, especialmente en el área rural de la localidad, y deben responder a diseños de muestreo que abarquen los periodos de sequía y lluvias y la utilización de la información generada en este trabajo, especialmente el mapa de vulnerabilidad, para definir los puntos de muestreo y las áreas de interés con base en la información que proporciona el mapa.
- Se deben establecer estrategias por parte de las autoridades locales que cumplan con el objetivo de definir rondas de protección de nacederos, manantiales y pozos. Y redefinir los mecanismos de uso adecuado del recurso por parte de la comunidad.

- Vincular a la academia de manera activa en lo proyectos y programas que busquen mejorar las condiciones de los recursos naturales de la localidad.

11. BIBLIOGRAFÍA

BANCO MUNDIAL. Guía Técnica. Propuestas metodológicas para la protección de aguas subterráneas. (En red)

<http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Miscellaneous/20424153/ParteBGuiaTecnicaSeccionB1.pdf>. Consulta viernes 23 de Noviembre de 2007)

CADENA OSTOS, Jairo Alfredo. “Vulnerabilidad de contaminación de los acuíferos de la Estación No 1 de un campo petrolero. Sabana de Torres departamento de Santander”. Santafé de Bogotá, 1998. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Maestría en Gestión Ambiental.

CARDENAS LEÓN, Jorge Alonso. Notas de clase: Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales. 1 ed. Bogotá. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. 2005. 272 p.

CAR – INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Santafé de Bogotá, Ingeominas 1.992.

COLOMBIA. IDEAM: Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. Bogotá: IDEAM.2004

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE: Formulación de proyectos de protección integrada de aguas subterráneas: Guía metodológica. Bogotá: el Ministerio. 2002.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Guía ambiental para el Subsector de Plaguicidas. Bogotá: el Ministerio. 2003.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Guía ambiental para el cultivo de papa. Bogotá: el Ministerio. 2003.

DONADO GARZÓN, Leonardo. Riesgo de contaminación. Universidad Nacional. Facultad de Ingeniería.

(En red) www.h2ogeo.upc.es/ldonado/Publications/Donado_1999c.pdf (Consulta viernes 16 de Marzo de 2007)

ESPRIELLA, J. “Implementación de un sistema de información geográfica para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación”. Tesis de Grado Universidad de Córdoba. Montería, 2005.

FOSTER, Stephen, HIRATA, Ricardo. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Una metodología basada en datos existentes. CEPIS. Lima, Perú. 1988.

HIRATA, Ricardo, REBOÇUAS, Aldo. La protección de los recursos hídricos subterráneos: Una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos. (En red)

www.medioambienteonline.com/site/root/resources/technology/857.html.

(Consulta viernes 9 de noviembre de 2007)

HERRÁEZ SÁNCHEZ DE LAS MATAS, Isabel y MONTERROSO PÉREZ, Laura. Pasado, presente y futuro de la gestión de los residuos urbanos y sus implicaciones en la contaminación de las aguas subterráneas: el ejemplo del

centro de tratamiento de colmenar viejo. Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. 2000.10p. (En red) <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib15/020.pdf>. (Consulta Viernes 23 de Marzo de 2007)

HOSPITAL DE USME. Informe preliminar. Diagnóstico local de salud de usme con participación social. Bogotá D.C. 2007.

HOSPITAL DE USME. Proyecto integral de salud de la localidad quinta de Usme. 2005 – 2008. Bogotá D.C. 2007.

INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico en la Periferia de Santafe de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas, para abastecimiento de agua. Ingeominas. Santafé de Bogotá, 1996.

INGEOMINAS, Modelo hidrogeológico de la Sabana de Bogotá. Informe Final. Proyecto de Cooperación Técnica Internacional. OIEA – INGEOMINAS, Bogotá, 2002.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL- Colombia, Funciones del Ministerio, 2002.

<http://www.minambiente.gov.co/ministerio/funciones.htm>. (Consulta: jueves, 13 de Diciembre de 2007).

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL- Colombia, Guías Ambientales, 2003.

http://www.minambiente.gov.co/prensa/publicaciones/guias_ambientales.htm. (Consulta: jueves, 13 de Diciembre de 2007).

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-
Colombia, Guías Ambientales, 2003.

http://www.minambiente.gov.co/prensa/publicaciones/guias_ambientales.htm.

(Consulta: jueves 13 de Diciembre de 2007).

PANCESCU, Mirela. Phreatic aquifers vulnerability for Mostistea Plain using GIS technology. National Institute of Hydrology and Water Management Bucharest, Romania.

(En red) http://balwois.mpl.ird.fr/balwois/administration/full_paper/ffp-604.pdf

(Consulta viernes 30 de Marzo de 2007).

PARIS, Marta del Carmen. Aguas subterráneas, gestión Integrada y sustentabilidad ambiental. En: Memorias I congreso Internacional del agua y el ambiente. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Bogotá. 2007. (En red) http://www.udistrital.edu.co/comunidad/eventos/1ciaya/memorias_1/s1_aguas_subt_gestion_integrada_y_sustentabilidad_amb.pdf. (Consulta viernes 23 de Noviembre de 2007)

PÉREZ CEBALLOS, Rosela y PACHECO AVILA, Julia. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. Revista Académica de la Universidad Autónoma de Yucatán, Ingeniería 8 -1 (2004); pag 33-42 (En red) <http://www.ingenieria.uady.mx/revista/volumen8/vulnerabilidad.pdf>.

(Consulta sábado 3 de Marzo de 2007)

RODRÍGUEZ PACHECO, Roberto y CANDELA LLEDO, Lucila. La contaminación de las aguas subterráneas. MOA. Holguín Cuba. En: Jornadas sobre la contaminación de aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia, 1998.

(En red) <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib3/rodrigue.pdf>

(Consulta Lunes 2 de Abril de 2007).

VARGAS, María Consuelo. Evaluación del riesgo de contaminación de los acuíferos cuaternarios de la zona muña – Sibaté. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Maestría en Ingeniería Ambiental. Santa fe de Bogotá D.C. (1993)

VARGAS, María Consuelo. Evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas de la isla de San Andrés. Convenio INGEOMINAS – Ministerio de Salud. Santafé de Bogotá D.C. 1997.

Normatividad consultada

Constitución política de 1991

CONGRESO DE LA REPÚBLICA: Ley 99 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente , se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente los recursos naturales renovables , se organiza el Sistema nacional Ambiental SINA y se dictan otras Disposiciones.1993.

INDERENA: Decreto 1541 de Regulaciones para explotación de aguas subterráneas y hace obligatorias las concesiones. 1978

MINISTERIO DE SALUD: Decreto 1594 del, fija los decretos sancionatorios de aplicación al recurso hídrico subterráneo .1986.

MAVDT: Decreto 155 de define la metodología para determinar la tasa por uso de aguas subterráneas. 2003.

MAVDT: Resolución 240, mediante la cual se fija la tarifa mínima para tasa por uso. 2004.

DAMA: Resolución 815 de obliga a implementar un sistema de medición para la explotación del recurso hídrico subterráneo .1987.

DAMA: Resolución 250 obliga al control de niveles y monitoreo de calidad 1997.

DAMA: Resolución 1391 del referente a los formatos para realizar tramites para obtención de prorroga o una nueva concesión de agua. 2003.

DAMA: Resolución 1148 del mediante la cual se acoge la tarifa mínima para aplicación en el Distrito. 2005

MAVDT: Decreto 1729. Ordenamiento de cuencas. 2002

MAVDT, Dirección de Ecosistemas: Política para la Gestión Integral del Agua elemento integrador del Territorio.

Software empleado:

ESRI [CD ROOM]: USA: Arc View 3.2. System requierements: PC- Intel compatible; Windows 2000 o XP (Home edition and professional); 512 MB RAM. Pocessor 1GHZ.