

**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.**

**Elsa Adriana Cárdenas Quiroga<sup>1</sup>, Juan Manuel Solano Peña<sup>2</sup>**

**RESUMEN**

Ante la necesidad de contribuir por medio de la Gestión Ambiental y el uso de herramientas técnicas a la protección y el mejoramiento de la calidad del Recurso Hídrico en la localidad de Usme , se realizó un estudio de vulnerabilidad intrínseca del recurso hídrico subterráneo empleando la metodología GOD y la caracterización fisicoquímica y microbiológica de cuatro puntos de la localidad complementados con información de cuarenta y tres puntos muestreados por la Oficina de Coordinación Ambiental del Hospital de Usme.

Se encontró una relación coincidente entre el grado de potabilidad del recurso , el desarrollo de actividades económicas y el valor de vulnerabilidad obtenido en el mapa (generado con el software Arc View 3.2.) identificando las áreas en las cuales se deben implementar estrategias de protección y manejo adecuado del recurso hídrico.

---

<sup>1</sup> Geóloga , Docente tiempo completo Facultad de ingeniería Universidad Militar Nueva Granada  
elsac@umng.edu.co

<sup>2</sup> Biólogo , solano.pena.juan@gmail.com

Palabras clave: Recurso Hídrico Subterráneo, Vulnerabilidad Intrínseca, Gestión Integral del Recurso Hídrico, Calidad del Recurso Hídrico, Usos del Territorio

### **ABSTRACT**

Above the necessity to contribute through the environmental management and the use of technical tools to the protection and improvement of the quality of hydric resources on the Usme locality. It was made an intrinsic vulnerability study of the groundwater resource, employing the GOD methodology, the microbiologic and physical chemical characterization of four points of the locality complemented with information of forty-three points sampled by the Environmental Coordination Office of the Usme Hospital.

It was found a coincident relation between the potability grade of the resource, the development of economic activities and the vulnerability value obtained in the map( generated with Arc View 3.2 software) identifying the areas on which it's necessary to implement protection strategies and adequate management plans for the hydric resource.

Key words: Groundwater Resource, Intrinsic Vulnerability, Integral Management of Hydric resources, Hydric's Resources Quality, Land use.

## 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.

En la localidad de Usme reconocida como una potencia hídrica del Distrito Capital<sup>3</sup> y como una zona predominantemente agrícola por la vocación de su suelo, las deficiencias en la cobertura de servicios de acueducto y alcantarillado, ha obligado al uso del recurso hídrico subterráneo en distintas actividades que incluyen el consumo humano y las actividades agrícolas. La relación de las actividades desarrolladas en la localidad, con el recurso hídrico subterráneo, ha generado afectaciones sobre su calidad evidenciadas en problemas de salud de la comunidad<sup>4</sup>.

Por lo anterior el tema de la presente investigación está relacionado con la Gestión ambiental de recursos hídricos, específicamente el recurso hídrico subterráneo el cual fue estudiado empleando la metodología GOD (*Groundwater, overall, depth*), (Foster & Hirata 1987) y la caracterización fisicoquímica con el fin de determinar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea, para lo cual se llevó a cabo la identificación de las actividades potencialmente contaminantes desarrolladas en el sector , el análisis de la

---

<sup>3</sup> ALCALDIA LOCAL DE USME. Recorriendo Usme ,2006

<sup>4</sup> HOSPITAL DE USME. Informe preliminar. Diagnóstico local de salud de usme con participación social. Bogotá D.C.2007

información geológica e hidrogeológica existente para esta zona y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de muestras tomadas en el área de estudio, realizados durante el desarrollo de este trabajo e información de muestreos realizados por la Oficina de Coordinación ambiental del Hospital de Usme.

## **RESULTADOS**

### **Caracterización de las actividades antrópicas potencialmente contaminantes**

Se pueden identificar tres actividades agropecuarias de mayor significancia en la localidad; la papa pastusa como el producto agrícola predominante, seguida de cultivos de arveja y otros cultivos de rotación<sup>5</sup>. Además, Usme es reconocido como una de las localidades que posee mayor aptitud 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. 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 en el uso de abonos y fertilizantes que pueden llegar a 18 productos diferentes.

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

---

<sup>5</sup> De acuerdo a los resultados del Proyecto Agrored 2006.

veredas los Soches y el Uval. Otras zonas de desarrollo del cultivo corresponden a la vereda Olarte, al norte de la vereda Chiguaza en la vereda Curubital.

La rotación de cultivos se da de manera generalizada en la localidad y comprende productos como la mora, las habas, alfalfa y otras variedades de papa como la R12 y la criolla.

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) <sup>6</sup> 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. La ganadería se encuentra de manera generalizada en todas las veredas de la localidad. 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.<sup>7</sup>

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

---

<sup>6</sup> Tomado del Proyecto Agrored Localidad de Usme , de la Universidad Distrital y la alcaldía Mayor de Bogota realizado en el año 2006.

<sup>7</sup> *Ibíd.*

tensión entre la economía campesina y las áreas de protección del recurso hídrico y ecosistemas estratégicos del Distrito.

### Resultados de los muestreos fisicoquímicos

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 Tabla 1)

<b>Quebrada el Amoladero ; Coordenadas : 999.315 E , 986.445 N</b>		
<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>pH</b>	<b>Unidades de pH</b>	5,4
<b>Dureza Total</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	37.1
<b>Alcalinidad</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	18,0
<b>Fósforo Total</b>	<b>Mg PO43-/L</b>	N.D
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>UFC/100 ml</b>	< 1 UFC/100 ml
<b>Los Caquezas predio Sevilla ; Coordenadas 990.276 E , 987.320 N</b>		
<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>pH</b>	<b>Unidades de pH</b>	5,5
<b>Dureza Total</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	N.D
<b>Alcalinidad</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	13,5
<b>Fósforo Total</b>	<b>Mg PO43-/L</b>	N.D
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>UFC/100 ml</b>	< 1 UFC/100 ml
<b>Vereda Olarte (predio la Victoria). Coordenadas: 993.659 E , 980.737 N</b>		
<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>pH</b>	<b>Unidades de pH</b>	5,2
<b>Dureza Total</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	19,8

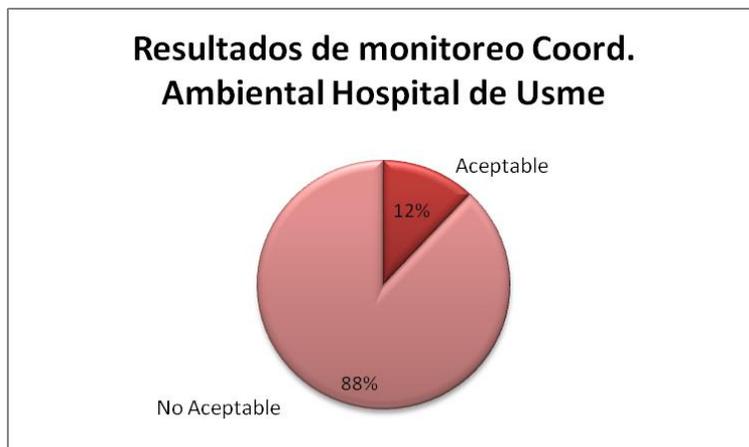
<b>Alcalinidad</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	18,0
<b>Fósforo Total</b>	<b>Mg PO43-/L</b>	N.D
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>UFC/100 ml</b>	< 1 UFC/100 ml
<b>Usme centro; Coordenadas : 994.700 E , 986.100 N</b>		
<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>pH</b>	<b>Unidades de pH</b>	5,6
<b>Dureza Total</b>	<b>mg CaCO3/L</b>	68,3
<b>Alcalinidad</b>	<b>Fósforo Total</b>	20,2
<b>Fósforo Total</b>	<b>Mg PO43-/L</b>	N.D
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>UFC/100 ml</b>	13 UFC/100 ml

Tabla1. Resultados de análisis de laboratorio, puntos muestreados

### **Resultados analíticos para agua realizados por el Hospital de Usme**

Los muestreos se realizaron en las zonas de la localidad que carecen de acueducto y que hacen uso de manantiales, pozos o nacederos. Se efectuaron ensayos fisicoquímicos y pruebas para detectar 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.

Los resultados indican que de un total de 43 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. (Ver Figura 1).



**Fig. 1 Resultados monitoreos calidad de agua efectuados por el Hospital de Usme. UPA Marichuela**

### **Resultados de 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.

Cada uno de los parámetros, indicado por el método, fue evaluado obteniendo valores que 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 calculó el índice de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, a partir de la multiplicación de los valores que correspondientes a cada uno de los

parámetros evaluados. 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)<sup>8</sup>.

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 de vulnerabilidad por cada una de las unidades geológicas fueron los siguientes:

Unidad Geológica	Índice de vulnerabilidad	Grado de Vulnerabilidad
Depósitos fluvioglaciares (Qflg)	0.495	Moderada
Depósitos coluviales (Qcl)	0.63	Alta
Depósitos aluviales (Qal)	0.288	Baja

<sup>8</sup> 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.

Depósitos de abanico aluvial (Qaa)	0.36	Moderada
Depósitos de terraza alta (Qt1)	0.32175	Moderada
Formación Tilatá (QTt)	0.3393	Moderada
Formación Usme (Tu)	0.2475	Moderada
Formación Areniscas de la Regadera (Ter)	0.468	Baja
Formación Bogotá (Tib)	0	Moderada
Formación areniscas del Cacho (Tc)	0.3348	Despreciable
Formación Guaduas (KtGu)	0	Moderada
Formación labor y tierna (Ksglt)	0.3978	Despreciable
Formación Plaeners (Ksgpl)	0.216	Moderada
Formación arenisca dura (Ksgd)	0.3978	Baja
Formación Chipaque (Ksch)	0	Moderada

Tabla 2. Resultados Índice de Vulnerabilidad

### 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 2).

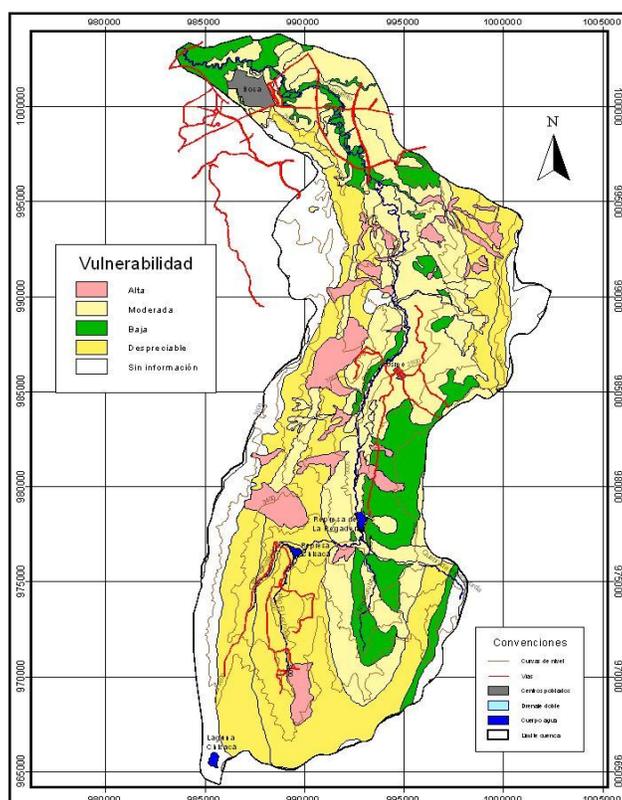


Fig.2 Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación

## Discusión

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 y teniendo en cuenta el registro de pozos mananciales y aljibes de 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.

La época durante el cual se realizaron los muestreos fue el mes de Octubre 2007 mes en el cual se presentan los mayores niveles de precipitación durante el año que se extiende hasta inicios del mes de Noviembre. 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.

De los resultados obtenidos en los muestreos realizados por la oficina de coordinación ambiental del hospital de Usme, se encontró coincidencia con uno de los puntos muestreados durante el desarrollo de este trabajo y que corresponde al sitio denominado el Boquerón Barrio el Bosque, donde la oficina de coordinación ambiental muestreo tres puntos, donde presentan condiciones fisicoquímicas y microbiológicas no aceptables para consumo humano.

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.

Según los resultados presentados por la oficina de Coordinación Ambiental del Hospital de Usme, se evidencia 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. El restante 88% no es aceptable para el consumo humano. 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<sup>9</sup>, 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 en 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

---

<sup>9</sup> HOSPITAL DE USME. Informe preliminar. Diagnóstico local de salud de usme con participación social. Bogotá D.C.2007

no paso los estándares fisicoquímicos 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.

#### *Análisis de resultados del mapa de vulnerabilidad*

El área de estudio 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.

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.

Las veredas 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 deben 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.

## 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.

- 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.

- 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.

## **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. Bogota: el Ministerio. 2002.

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

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Guía ambiental para el cultivo de papa. Bogota: 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](http://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](http://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 Santafé 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](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](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](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.(Enred)[http://www.udistrital.edu.co/comunidad/eventos/1ciaya/memorias\\_1/s1\\_aguas\\_subt\\_gestion\\_integrada\\_y\\_sustentabilidad\\_amb.pdf](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, Maria 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.

#### **Software empleado:**

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

