

**AMENAZA Y PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS  
SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA**

**FEISAN JOSÉ GUTIÉRREZ LOZANO  
JAVIER GUALDRON ÁNGEL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2010**

**AMENAZA Y PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS  
SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA**

**FEISAN JOSÉ GUTIÉRREZ LOZANO  
JAVIER GUALDRON ÁNGEL**

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

**Director:**  
**SULLY GÓMEZ ISIDRO**  
**Ingeniero Civil, M. Sc., Ph D**  
**Co Director**  
**JOSÉ ALFREDO RUEDA**  
**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra directora Sully Gómez, por creer en nosotros y brindarnos siempre ayuda en todo lo que necesitamos.

Un Agradecimiento especial al ingeniero Jorge Ignacio Gaviria de la Universidad de Antioquia, por la ayuda brindada a lo largo de el proyecto, al igual a los funcionarios del centro de estudios e investigaciones Ambientales (CEIAM) de la Universidad Industrial de Santander, por la colaboración mostrada, en todo lo referente a contaminantes.

## DEDICATORIA

*A mí Dios por darme sabiduría y no dejarme desfallecer en los momentos difíciles.*

*A mis padres Rodolfo y Dolly y mi abuela Ángela por ser mi mayor inspiración a lo largo de este camino.*

*A mis hermanos Joham e Isabel por su apoyo incondicional en todo momento.*

*A mis amigos por ser casi una familia, durante esta vida universitaria.*

**FEISAN**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría y la fuerza necesaria de salir adelante de los momentos difíciles, en la realización de este proyecto

A mi mamá Carmen y mi papá Jorge, quienes me formaron y me han dado su apoyo, entendimiento y cariño durante toda mi formación académica

A mis sobrinos Andrés y David, quienes me dan apoyo incondicional en todo  
Y a todas las personas que estuvieron conmigo en la realización de este proyecto y durante formación universitaria

**JAVIER**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
1 GENERALIDADES Y ZONA DE ESTUDIO.....	20
1.1 GENERALIDADES .....	20
1.2 DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.....	21
1.2.1 Políticas Ambientales.....	22
1.2.2 Municipio de Bucaramanga.....	23
1.2.3 Municipio de Floridablanca.....	23
1.2.4 Municipio de Girón .....	24
1.2.5 Municipio de Piedecuesta .....	24
2 EVALUACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.....	25
2.1 METODOLOGÍA DE LA CARACTERIZACIÓN.....	25
2.1.1 La Clase de Contaminante.....	27
2.1.2 La Intensidad del Contaminante.....	27
2.1.3 El modo de disposición del contaminante al subsuelo. ....	28
2.1.4 Duración de la aplicación de la carga contaminante. ....	29
2.2 ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA.....	30
2.2.1 Fuentes de contaminación difusa:.....	31

2.2.2	Fuentes de contaminación Puntual: .....	32
2.3	CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE .....	34
2.3.1	Desarrollo Urbano. (Zonas Residenciales).....	35
2.3.2	Actividades Industriales.....	41
2.3.3	Cultivos Agrícolas:.....	47
2.3.4	Actividades Pecuarias: .....	52
2.3.5	Accidentes Ambientales: .....	57
3	PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	61
3.1	PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL PELIGRO.....	62
3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	64
3.2.1	Mapa de Amenaza .....	64
3.2.2	Mapa de Peligro .....	67
4	CONCLUSIONES.....	70
5	RECOMENDACIONES .....	72
6	BIBLIOGRAFÍA .....	73

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1 Municipios que conforman la zona de estudio. ....	21
Figura 2.1 Valores de ponderación para las características de la carga contaminante. ....	26
Figura 2.2 Clase de contaminante .....	27
Figura 2.3 Intensidad de la contaminación .....	28
Figura 2.4 Modo de aplicación del contaminante.....	29
Figura 2.5 Duración de la aplicación del contaminante.....	30
Figura 2.6 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Desarrollo urbano. ....	37
Figura 2.7 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Desarrollo urbano .....	37
Figura 2.8 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Desarrollo urbano.....	38
Figura 2.9 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Desarrollo Urbano.....	39
Figura 2.10 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Actividades industriales. ....	42
Figura 2.11 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Actividades Industriales. ....	43
Figura 2.12 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Actividades Industriales.....	43
Figura 2.13 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Actividades Industriales. ....	44
Figura 2.14 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Cultivos Agrícolas. ....	48

Figura 2.15 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Cultivos Agrícolas. ....	49
Figura 2.16 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Cultivos Agrícolas.....	49
Figura 2.17 Caracterización de la carga contaminante según su Duración de aplicación. Cultivos Agrícolas.....	50
Figura 2.18 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Actividades Pecuarias.....	53
Figura 2.19 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Actividad Pecuaria. ....	54
Figura 2.20 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Actividades Pecuarias.....	54
Figura 2.21 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. actividades pecuarias.....	55
Figura 2.22 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Accidentes Ambientales.....	58
Figura 2.23 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Accidentes Ambientales.....	58
Figura 2.24 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Accidentes Ambientales.....	59
Figura 2.25 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Accidentes Ambientales.....	59
Figura 3.1 Matriz de interacción Vulnerabilidad –ICC.....	62
Figura 3.2 Asignación valores para matriz de peligro .....	63
Figura 3.3 Matriz de peligro para referenciar en Arc gis. ....	63
Figura 3.4 Mapa de Amenaza a la Contaminación de las Aguas Subterráneas la zona aluvial de Bucaramanga. ....	66
Figura 3.5 Mapa de Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas la zona aluvial de Bucaramanga. ....	68

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación al índice de generación de carga contaminante .....	26
Tabla 2-2 Subdivisión por grupos y categorías del desarrollo urbano. ....	36
Tabla 2-3 Caracterización de las cargas contaminantes para el desarrollo urbano. Metodología Foster e Hirata (1988) .....	40
Tabla 2-4 Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Industriales. ....	41
2-5. Caracterización de las cargas contaminantes para las Actividades Industriales .....	45
2-6. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades industriales.....	46
Tabla 2-7. Subdivisión por grupos y categorías de los Cultivos Agrícolas.....	47
Tabla 2-8. Caracterización de las cargas contaminantes para los Cultivos Agrícolas .....	51
Tabla 2-9. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Pecuarias. ....	53
Tabla 2-10 Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades pecuarias .....	56
Tabla 2-11. Subdivisión por grupos y categorías de las actividades pecuarias. ....	57
Tabla 2-12. Caracterización de las cargas contaminantes para los Accidentes Ambientales. ....	60
Tabla 3-1 Rangos establecidos para la clasificación del peligro .....	64

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 <i>Vertimientos Alcantarillados</i> .....	76
ANEXO 2 <i>Granjas Avícolas por Veredas</i> .....	77
ANEXO 3 <i>Granjas Porcícolas por Veredas</i> .....	78
ANEXO 4 <i>Industrias en la ciudad de Bucaramanga</i> .....	79
ANEXO 5 <i>Concesiones de agua subterránea</i> .....	81
ANEXO 6 <i>Estaciones de Servicio en el área metropolitana</i> .....	84
ANEXO 7 <i>Mapa de Actividades generadoras de contaminación puntual</i> . ....	86
ANEXO 8 <i>Mapa de Actividades generadoras de contaminación difusa</i> .....	87

## RESUMEN

### **TITULO:**

AMENAZA Y PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA\*

### **AUTORES:**

GUALDRON ÁNGEL, Javier  
GUTIERREZ LOZANO, Feisan José\*\*

### **PALABRAS CLAVES:**

Amenaza, Peligro, Índice de Carga Contaminante, Vulnerabilidad, Contaminación, Acuíferos.

### **DESCRIPCION:**

En la zona aluvial de Bucaramanga, se han construido diferentes tipos de estructuras para la recolección de aguas (cisternas, pozos, concesiones de agua), para el abastecimiento de diferentes usos ya sean domésticos o industriales, mostrando que este recurso hídrico subterráneo sea una fuente fundamental hoy en día.

La evaluación del peligro a la contaminación en las aguas subterráneas, es un proceso importante y necesario para la adaptación, prevención y control de planes que ayuden a la conservación de este recurso hídrico. Este proceso se hace más importante al tener en la zona de estudio gran diversidad de actividades capaces de generar cargas potenciales de contaminación, que puedan llegar afectar la calidad de las aguas.

En la zona aluvial de Bucaramanga se presentan diferentes puntos de contaminación hacia las aguas subterráneas, generadas por diversas actividades realizadas por el hombre, entre estos tipos de puntos se encuentran; vertimientos de alcantarillados, pozos sépticos, industrias, cultivos agrícolas, estaciones de servicio, actividades pecuarias, entre otros. Todos estos puntos generan una amenaza en la zona la cual se cataloga en 3 categorías: Alto, Moderado y Bajo.

La vulnerabilidad es una característica propia de los acuíferos, que al interactuar con la amenaza de la zona da como resultado el peligro del sitio, este peligro se clasifica en 5 categorías: Extrema, Alta, Moderada, Baja y Muy Baja.

El estudio de contaminación del recurso hídrico subterráneo, se realiza debido a que este, es una fuente de uso para diversas actividades a presente y futuro, de allí la importancia de los productos de este proyecto, para así realizar planes de mitigación y control en las actividades que afectan este preciado recurso.

---

\* Proyecto de Grado Modalidad: Trabajo de Investigación.

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. M. Sc., Ph D Sully Gómez Isidro, Ing. José Alfredo Rueda.

## ABSTRACT

**TITLE:**

THREAT AND DANGER TO POLLUTION OF GROUNDWATER IN THE AREA OF ALLUVIAL BUCARAMANGA\*

**AUTHORS:**

GUALDRON ANGEL, Javier  
GUTIERREZ LOZANO, Feisan José\*\*

**KEYWORDS:**

Threat, Danger, Pollutant Load Index, Vulnerability, Pollution, Aquifer.

**DESCRIPTION:**

In Bucaramanga's alluvial zone, different types of structures have been constructed for the water compilation (cisterns, wells, water concessions), for the supply of different uses already be domestic or industrial, showing that this water underground resource is a fundamental source nowadays.

Hazard evaluation of contamination in groundwater is an important and necessary process for the adaptation, prevention and control plans to help conserve this resource. This process becomes more important to keep in the study area wide range of activities capable of generating potential pollution loads, which might affect water quality.

In the alluvial area of Bucaramanga present different points of contamination to groundwater, generated by various activities undertaken by men, some of these types of points are; dumping of sewage, septic tanks, industry, agricultural crops, service stations, livestock activities, among others. All these points generate a threat in the area, which is classified in three categories: High, Moderate and Low.

Vulnerability is a characteristic of aquifers that interact with the threat of the area resulting in the danger of the site; this danger is classified into five categories: Extreme, High, Moderate, Low and Very Low.

The study of pollution of groundwater resources is done because this is a source of diverse activities to use for present and future, hence the importance of the products of this project, and to effect mitigation and control plans in activities that affect this precious resource.

---

\* Graduation Project mode: research work

\*\*Faculty of Physics and Mechanical Engineering, School of Civil Engineering, Ing. M. Sc., Ph D Sully Gomez Isidro, Ing. José Alfredo Rueda.

## INTRODUCCIÓN

Según Independence Drilling (2007) América Latina, más del 80% de las áreas rurales, se abastecen de agua subterránea. También grandes ciudades, como la Habana, Ciudad de México, Lima, entre otras, se abastecen completamente del recurso subterráneo. En Colombia, ciudades como: Sincelejo, Santa Marta, San Andrés, Tunja, y muchos municipios importantes, se abastecen de agua por medio de pozos profundos.

En Bucaramanga existe un nivel de agua estable de agua subterránea que puede extenderse a toda la meseta, en algunas ocasiones se le ha llamado el Acuífero superior de la Meseta de Bucaramanga (Ingeniería de Suelos, 1991) se han construido cisternas y pozos poco profundos que proveen a pequeñas industrias y lavaderos de carros (Gómez, S y Colegial, J.2003).

Una de las principales dificultades que tiene el estudio del peligro a la contaminación de las aguas subterráneas, es determinar las actividades producidas por el hombre que puede ocasionar daños severos a este. Después de determinar las actividades contaminantes se deben ubicar y evaluarse, ya que esto en gran parte aportara a las autoridades encargadas, a crear normativas del manejo de los desechos producidos por las diferentes actividades de la zona de estudio.

Es necesario hacer este estudio, con el objetivo principal, de evaluar el peligro a la contaminación del agua subterránea por cargas contaminantes en la zona aluvial de Bucaramanga y concientizar a las personas y a las autoridades sobre el gran problema al que están sometidas estas fuentes, ya que la escasez de agua hará que se empiecen a aprovechar este tipo de fuente hídrica, como lo hacen algunas de las ciudades más importantes de América. Al final esperamos que este estudio

contribuya de manera significativa a la protección del recurso hídrico subterráneo, que sea el primer paso de muchos que se den en el cuidado y atención del recurso en la cuenca superior del río Lebrija.

En la elaboración del estudio de Amenaza y Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas en la zona aluvial de Bucaramanga, se comenzó con un capítulo en el que se describe la zona de estudio, usos de suelo, políticas ambientales, etc. En el segundo capítulo se tocara el tema de la caracterización de las cargas contaminantes presentes en el área de estudio; se clasificarán los diferentes actividades contaminantes, ubicación, clase, tipos de tratamiento, entre otros, para después entrar a su caracterización, además se presentaran y discutirán los resultados de las actividades generadoras de contaminación de cada categoría con sus índices respectivos de acuerdo con su clase, intensidad, modo y duración del contaminante, donde además se hará una representación espacial de ellas. El tercer capítulo tiene que ver con la evaluación del peligro a la contaminación de las aguas subterráneas, comenzamos con una breve teoría, donde se define claramente el término de vulnerabilidad intrínseca, la información que existe sobre este tema y describiremos el método utilizado para su cálculo y se obtendrá una representación espacial de la zona de estudio. Mediante la superposición de los mapas de vulnerabilidad y amenaza (carga contaminante), se observara el tipo de peligro que se pueda presentar de acuerdo a la clasificación dadas por las metodologías disponibles. En el cuarto capítulo presentaremos el análisis de los resultados en lo que tiene que ver con la amenaza y el peligro, actividades de mayor contaminación, ubicación y el peligro que ocasiona a las aguas subterráneas. En el quinto capítulo se darán a conocer las conclusiones sobre el área de estudio. Y finalizamos con el sexto capítulo donde presentaremos las bibliografías consultadas durante este tiempo.

## **1 GENERALIDADES Y ZONA DE ESTUDIO**

En este capítulo empezaremos con las generalidades y descripción de la zona de estudio, donde de forma muy resumida, se da a conocer los municipios, sus actividades económicas más influyentes, usos de suelo entre otros. La zona de estudio es la zona comprendida por las formaciones sedimentarias y aluviales sobre las cuales se localizan la ciudad de Bucaramanga y su zona metropolitana. La zona de estudio está comprendida entre el Rio Surata al norte, alrededor de la Falla Bucaramanga, al oriente, Al sur y al este la divisoria de aguas de la cuenca con un área aproximada de 396 Km<sup>2</sup>.

### **1.1 GENERALIDADES**

Una de las principales fuentes de contaminación que presenta las aguas subterráneas es debido al crecimiento urbano, Bucaramanga, hoy en día es una ciudad de 1'231.228 habitantes (DANE, 2010), en aumento de población de manera acelerada sobre todo en estratos 1 y 2 que son los que carecen en gran mayoría de saneamiento básico, y todas esas sustancias producidas son arrojadas a los ríos o infiltradas en el suelo. Las industrias, otro agente contaminante que encontramos en la ciudad, y los desechos que este produce en algunos casos no son manipulados de manera adecuada, y en zonas donde hay concesiones de aguas subterráneas, por falta de conocimiento de la gente, de control estricto de las autoridades, de normativas, entre otras, se dejan expuestas a actividades potencialmente contaminantes, lo que ocasiona un deterioro de las aguas en forma casi inminente. Para ello se debe clasificar cada actividad contaminante en el área de estudio de modo que se pueda diferenciar e identificar cuáles son las actividades que producen más daño a las aguas subterráneas.

La gran extensión de área y el gran costo que puede llegar a tener este estudio pueden contribuir de manera significativa a la precisión del estudio. Cabe anotar que, documentación o normativas referentes a este estudio en la ciudad de Bucaramanga es muy poca, haciendo que el control y protección sobre este recurso hídrico sea casi nulo, lo que conlleva a la dificultad y urgencia de una investigación relacionada con este tema, ya que posteriores estudios pueden llegar a ser herramientas útiles para el manejo y protección del recurso.

## 1.2 DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.

El área metropolitana está conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, pertenecientes a la Provincia de Soto, los cuales se encuentran inscritos en la cuenca alta del río Lebrija, y posee una extensión de 1.281 Km<sup>2</sup>, con una altitud entre 600 msnm y 1100 msnm, se caracteriza por su clima templado (23.0 °C / 73.4 °F). Siendo así la quinta ciudad más importante de Colombia con un gran crecimiento en los últimos años. Su economía es basada en el tabaco, la avicultura, la fabricación de calzado entre otros.

Figura 1.1 Municipios que conforman la zona de estudio.



Fuente <http://es.wikipedia.org>

Dentro de la hidrografía de la zona los ríos principales son: El Río de Oro y el Suratá y las quebradas: La flora, Tona, La Iglesia, Quebrada Seca, Cacique, El Horno, San Isidro, Las Navas, La Rosita, Bucaramanga<sup>†</sup>

Dentro del área de estudio encontramos diversos los usos de suelo, los predominantes corresponden a actividades urbanas, industrial, desde el punto de vista agrícola, se pueden dividir en dos grupos: los primeros, al no tener peligro de erosión, son propicios para el cultivo de gran variedad de productos y el uso para la porcicultura, avícola y ganadería. La otra clase de suelos tiene una alta potencialidad erosiva; por esta razón, presenta baja fertilidad y una capa de fertilidad superficial, en algunas situaciones casi nulas.

### **1.2.1 Políticas Ambientales.**

La gran contaminación que se presenta a diario, exige una intervención institucional activa y efectiva, apoyada por la comunidad y los gremios de la producción comprometidos con el tema ambiental. Debemos plantear soluciones rápidas y efectivas, para que la comunidad pueda vivir en un ambiente sano. Se garantizará el mantenimiento y calidad del sistema de parques, áreas verdes. Se debe velar por la mitigación de la contaminación del agua, del suelo, del aire, sonora y visual del territorio. Se propenderá por un adecuado manejo de los residuos sólidos y líquidos producto de las actividades generadas en el sector urbano y rural, se debe disponer de sitios estratégicos, con viabilidad técnica, financiera.

También a la implementación de las tecnologías limpias, aplicándolo a las industrias, para mejorar los desechos que estas producen. Incentivar por el desarrollo del sector rural con, el aprovechamiento racional y adecuado de los suelos y la construcción de sistemas de saneamiento básico rural.

---

<sup>†</sup> Tomado de: ([www.bucaramanga.gov.co](http://www.bucaramanga.gov.co))

Se propenderá por la mitigación de la contaminación del agua, del suelo, del aire, sonora y visual del territorio. (Plan de ordenamiento territorial Bucaramanga, (POT))

A continuación se dará una breve descripción de los municipios presentes dentro de la zona aluvial:

### **1.2.2 Municipio de Bucaramanga**

Bucaramanga es la capital del departamento de Santander, está ubicada sobre la cordillera Oriental (Latitud 7° 08' Norte, Longitud 73° 08' Oeste). Su población asciende a los 716.512 habitantes. Con una superficie de 162 km<sup>2</sup> con una altura de 960 msnm, una temperatura promedio de 23 °C.

El crecimiento vertiginoso de la ciudad se ha extendido a los vecinos municipios de Girón, Floridablanca y Piedecuesta con los cuales se conforma actualmente el Área Metropolitana de Bucaramanga. Su economía tiene su máxima representación en la fabricación de calzado y accesorios de cuero, se desarrolla el 70% de la actividad joyera del país, igualmente las confecciones infantiles y el sector metalmecánico representan importantes cifras.

### **1.2.3 Municipio de Floridablanca.**

Floridablanca es un municipio del Departamento de Santander, (Latitud 07° 13' Norte, y 73° 04' Oeste) con 254,683 habitantes (Dane 06/2005 Población ajustada) (260,042 habitantes Proyección 2009). Tiene una extensión aproximada de 97 kilómetros cuadrados, con una altitud de 925msnm y una temperatura promedio de 23 °C. Forma parte del Área Metropolitana de Bucaramanga. Floridablanca.

El sector más importante de la economía del municipio de Floridablanca es el sector terciario, especialmente la actividad comercial. En el sector industrial el 50% de las empresas se dedica a la producción de alimentos, el 14.3% a la fabricación de prendas de vestir y el mismo guarismo a la fabricación de minerales

no metálicos, lo que significa que estos tres rubros agrupan cerca del 80% del total de establecimientos industriales localizados en el municipio.

#### **1.2.4 Municipio de Girón**

El municipio de Girón está ubicado a solo 10 minutos de Bucaramanga sobre la vía a Barrancabermeja (Latitud 7° 04'15" Norte, Longitud 37° 10' 20" Oeste), con una altitud de 777 msnm, una temperatura promedio de 26 °C y una población aproximada de 102000 habitantes.

En los alrededores, camino a Bucaramanga o en ruta para Zapatoca, se pueden admirar las caprichosas formaciones de los estoraques, erosión causada naturalmente por los vientos y el agua.

#### **1.2.5 Municipio de Piedecuesta**

Se encuentra a 17 km de Bucaramanga (Latitud 5° 59'06" Norte, Longitud 7° 1.01'17" Oeste). Su extensión territorial es de 344 kilómetros cuadrados; tiene una variada geografía que nos ofrece un sin número de valles, mesetas, montañas y colinas, accidentes territoriales que nos presentan gran variedad de climas, con una altura de 1005 msnm y una población según el DANE de 321000 habitantes.

La agricultura es el principal pilar de la economía Piedecuestana. Debido a la variedad del relieve y por consiguiente a los pisos térmicos, existe diversidad de productos. Su situación topográfica cuenta con partes altas, en donde se cultiva el maíz, la arveja, el trigo, la cebolla, las hortalizas, la arracacha, distintos pastos, verduras y algunos frutales. La parte baja rica en caña de azúcar, maíz, tabaco y plátano. En la parte templada se cultiva yuca, tomate, caña y tabaco. Los productos básicos de la economía Piedecuestana son la caña de azúcar y el tabaco, adicionalmente es un gran productor de mora.

## 2 EVALUACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.

En este capítulo se presentara la metodología planteada por Foster e Hirata (1988), para la caracterización de la carga contaminante. Para la aplicación de esta metodología, se utilizara la información recolectada, de todas las actividades potencialmente generadoras de carga contaminante en el agua subterránea, esta información fue obtenida mediante entidades como la corporación por la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB) y la empresa pública de alcantarillado de Santander (EMPAS), entre otras.

### 2.1 METODOLOGÍA DE LA CARACTERIZACIÓN

Al aplicar una carga contaminante al subsuelo, esta llega a presentar 4 características fundamentales, generando cualidades propias en el suelo, y estas son: la clase, la intensidad, el modo de descarga y la duración. (Foster, 1987).

La suma de estas características, nos da un valor de índice de carga contaminante, para el cálculo de este, se procede a analizar los siguientes factores:

**VRC:** Valor relativo asignado a la clase de contaminante.

**CIFC:** Coeficiente de importancia del factor clase de contaminante.

**VRI:** Valor relativo asignado a la intensidad de contaminación.

**CIFI:** Coeficiente de importancia del factor intensidad del contaminante.

**VRM:** Valor relativo asignado al modo de disposición.

**CIFM:** Coeficiente de importancia del factor modo de disposición.

**VRT:** Valor relativo asignado al tiempo de duración de la carga Contaminante.

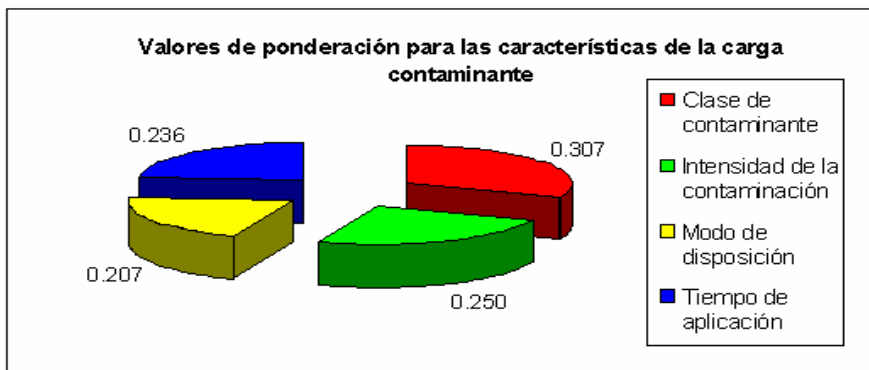
**CIFT:** Coeficiente de importancia del factor tiempo de duración.

En donde tenemos que el valor de carga contaminante va a ser dado de la siguiente forma:

$$ICC = VRC * CIFC + VRI * CIFI + VRM * CIFM + VRT * CIFT \quad (\text{Rueda, M. \u00c1ngel, J., 2004})$$

En la figura 2.1 se presentan los coeficientes de importancia, para cada caracter\u00edstica, en la cual la clase de contaminante sera la que presente mayor importancia para el calculo de este indice.

**Figura 2.1** Valores de ponderaci\u00f3n para las caracter\u00edsticas de la carga contaminante.



(Fuente: Rueda, M., \u00c1ngel, J., 2004)

Para la clasificaci\u00f3n del \u00edndice de carga contaminante, se ha decidido tomar la sugerida por Corantioquia (2004). La cual es mostrada en la tabla 2.1, indicando el rango que se trabajara para el \u00edndice de carga, ya sea alta, moderada o reducida.

**Tabla 2-1** Clasificaci\u00f3n al \u00edndice de generaci\u00f3n de carga contaminante

ICC	Elevado	Moderado	Reducido
Rangos	1.0 - 0.61	0.60 - 0.31	0.3 - 0

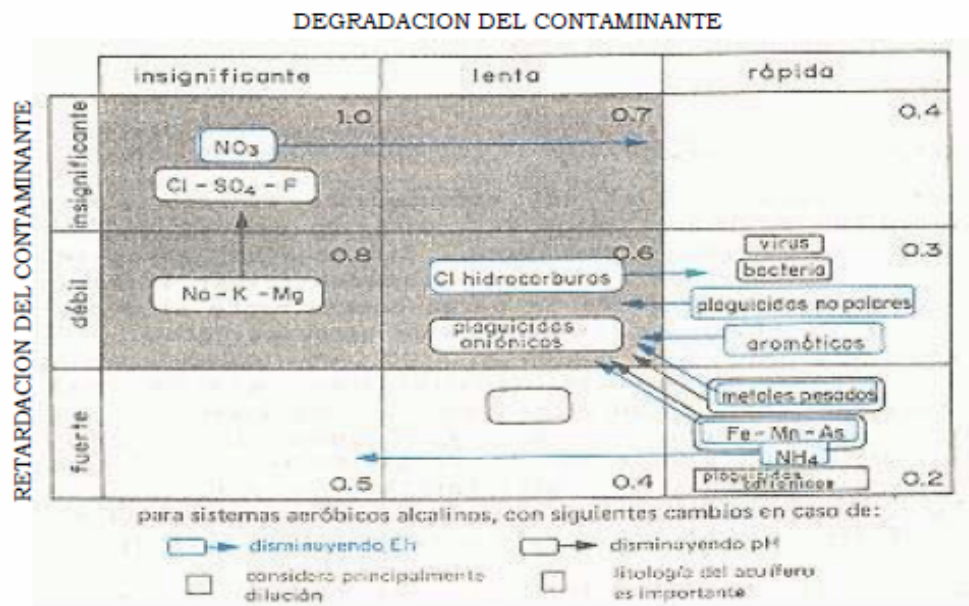
Fuente: Corantioquia (2004) y Gaviria (2007).

A continuación se define las categorías en las cuales se caracterizan las cargas contaminantes.

### 2.1.1 La Clase de Contaminante

Esta puede ser definida por su tendencia hacia la degradación o transformación in-situ, como resultado de actividad bacteriológica o reacción química, y su tendencia hacia el retardo, con respecto al flujo de agua subterránea, como resultado de procesos de intercambio de cationes, sorción, etc. (Foster e Hirata, 1988). Como se muestra en la figura 2.2, en donde se ve la clasificación del contaminante, según la degradación y retardación que sufren los diferentes tipos de contaminantes.

Figura 2.2 Clase de contaminante

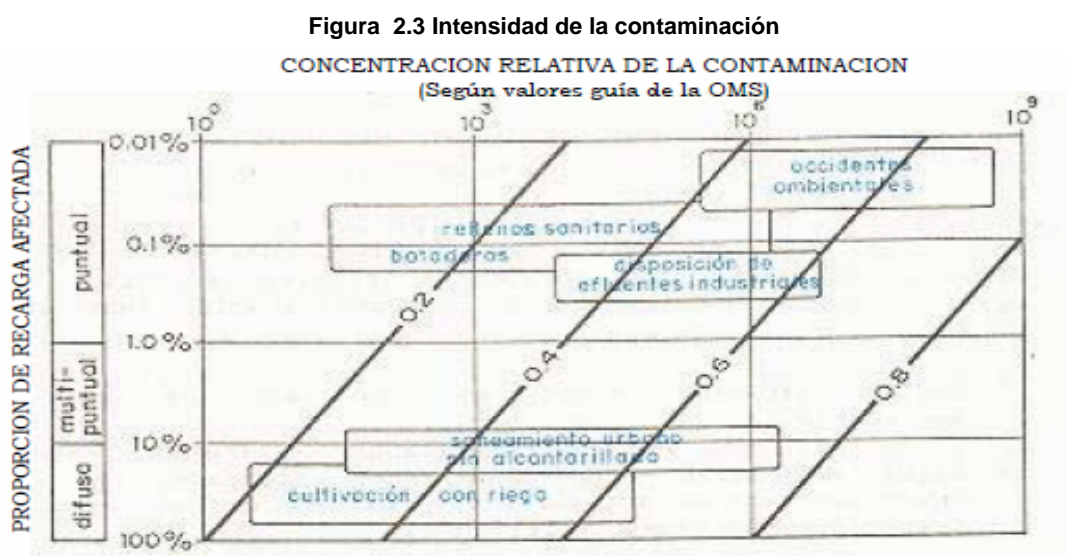


Fuente: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

### 2.1.2 La Intensidad del Contaminante.

Esta se puede llegar a definir como la concentración relativa de cada contaminante involucrado en relación a los valores recomendados por la OMS

(Organización Mundial de la Salud) para la calidad del agua potable, y la proporción de la recarga local del agua subterránea afectada por la contaminación. (Foster e Hirata, 1988). En la figura 2.3 se ve la relación de la concentración y la proporción de la recarga local del agua subterránea afectada por la contaminación, la cual está dada en contaminación puntual (puntos de contaminación definido y mas concentradas), multipuntual y difusa (afecta un área mayor del acuífero).



Fuente: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

### 2.1.3 El modo de disposición del contaminante al subsuelo.

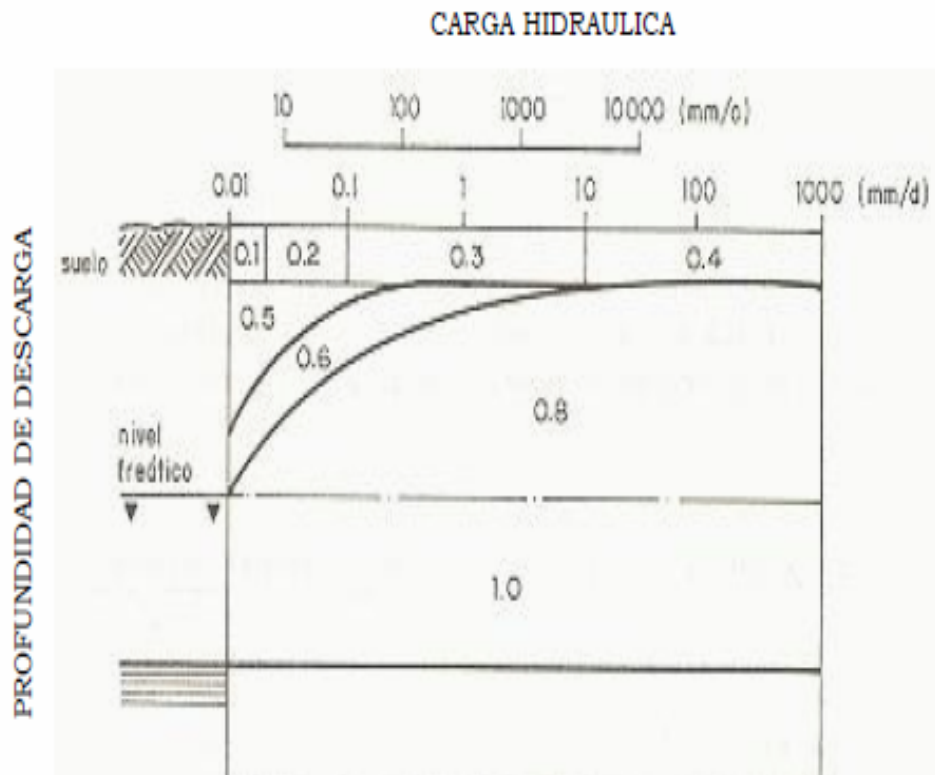
Está definida por la carga hidráulica asociada al contaminante, incluyendo infiltración natural de precipitación. Y la profundidad bajo superficie a la que el efluente es descargado o donde la lixiviación de residuos sólidos ocurre. (Foster e Hirata, 1988).

La figura 2.4, muestra la relación entre la carga hidráulica y la profundidad de aplicación del contaminante.

#### 2.1.4 Duración de la aplicación de la carga contaminante.

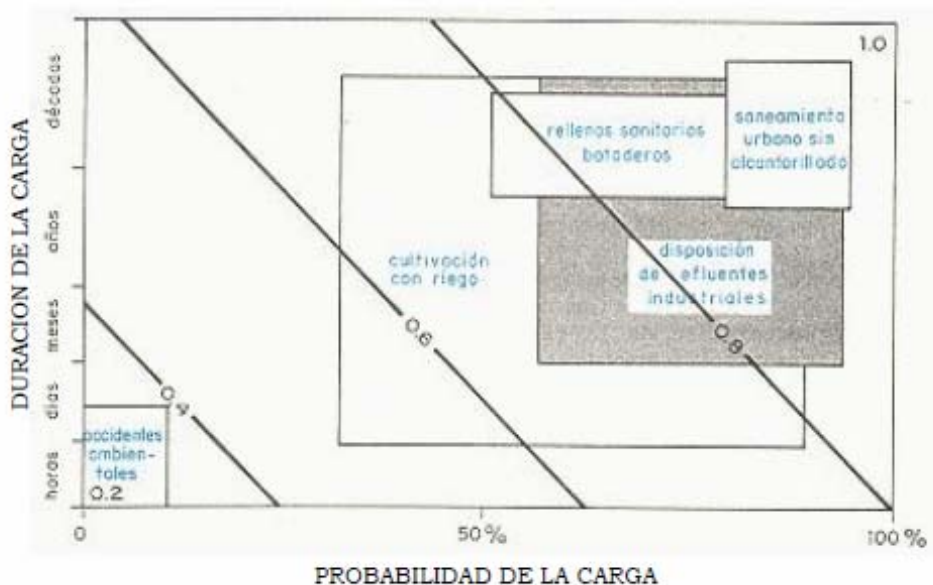
Este se puede definir como la probabilidad existente de que el contaminante sea descargado al subsuelo, y el periodo durante el cual se aplica esta carga. (Foster e Hirata, 1988). En la figura 2.5 se muestran los rangos de la probabilidad de contaminación y la del tiempo de aplicación que puede estar dado de horas a décadas.

Figura 2.4 Modo de aplicación del contaminante



Fuente: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

Figura 2.5 Duración de la aplicación del contaminante



Fuente: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

## 2.2 ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA.

En la zona aluvial de Bucaramanga se desarrollan diferentes actividades, las cuales pueden llegar a ser potencias contaminantes, capaces de afectar la calidad de las aguas subterráneas de esta zona. .

La identificación de las actividades se realizó mediante estudios realizados en otras zonas del país (Gaviria, J. I. (2005)), y la identificación de estas se hizo posible mediante la información dada por la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y Empresas pública de alcantarillado de Santander (EMPAS).

Las actividades identificadas en la zona como posibles fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas son las siguientes:

### **2.2.1 Fuentes de contaminación difusa:**

Estas no producen puntos de contaminación definidos si no que impactan en un área del acuífero, causando que su identificación y control sea más difícil.

#### **➤ Zonas residenciales con sistemas de alcantarillados.**

Para las zonas con sistemas de alcantarillado, es indispensable el conocimiento del material del que están hechos (asbesto- cemento o acero) estos sistemas, y el tiempo de servicio de estos. Para el caso de la zona de estudio, donde los sistemas de alcantarillados están fabricados de Asbesto-cemento, es necesario considerar, que los que presentan un tiempo de servicio mayor de 20 años, se pueden distinguir como una fuente potencial de contaminación, debido a que el deterioro de los materiales pueden generar fisuras, por ende fugas. En estos casos en donde el sistema puede llegar a presentar fugas, ocurre el proceso de percolación al subsuelo.

#### **➤ Actividades Agrícolas.**

Los cultivos agrícolas, son una de las principales fuentes de generación de contaminación al subsuelo, debido al manejo de plaguicidas y fertilizantes que se utilizan para estos sitios. Los fertilizantes en especial, son los q proporcionan mas contaminación al suelo, por la cantidad de nitratos que estos pueden llegar a generar.

En esta clase de actividades, el mayor generador de carga contaminante son los conocidos como monocultivos, los cuales se presentan en áreas extensas, generando mayor contaminación por que la cantidad de fertilizantes y plaguicidas utilizados, será mayor.

### **2.2.2 Fuentes de contaminación Puntual:**

Para estos casos de contaminación, se generan plumas definidas, las cuales hacen más fácil el proceso de identificación y a su vez ayudar en el control de estas, sin embargo cuando hay una existencia de muchas fuentes puntuales a distancias cercanas, se considera como multipuntual.

#### ➤ **Zonas residenciales sin sistemas de alcantarillados.**

Este estudio es referido a todas las zonas habitadas por el hombre, sin presentar un sistema de alcantarillado pertinente, para el vertimiento de aguas negras. En estos casos, se ve evidenciado un sistema de tratamiento *in situ*, en donde predominan el uso de pozos sépticos, letrinas y zanjas. En estos sistemas se disponen los residuos sólidos o aguas residuales generados en estos puntos los cuales generan infiltración al suelo, los cuales pueden terminar en la recarga del acuífero.

#### ➤ **Disposición de residuos sólidos.**

La no adecuada disposición de los residuos sólidos, logra generar un potencial de contaminación alto en las aguas subterráneas, debido a la generación de lixiviados, producto de la descomposición de la materia y transportados al subsuelo con la ayuda del agua precipitada, estos son provocados en su mayoría en los rellenos sanitarios y los botaderos a cielo abierto.

La principal potencia contaminante en disposición de residuos sólidos, que se encuentra en la zona de estudio es el relleno sanitario “*el Carrasco*”. Ubicado en el municipio de Girón.

#### ➤ **Estaciones de servicio. (Gasolineras)**

La generación de contaminantes en las gasolineras esta dado por la manipulación permanente de hidrocarburos que se presentan en estos lugares, los cuales se

encuentran en tanques subterráneos, razón por la cual es imposible una inspección visual. Con el paso del tiempo los tanques que contienen los hidrocarburos, llegan a presentar corrosión, debilitando la estructura que los contiene, convirtiendo a estos en una amenaza para la calidad de las aguas subterráneas. Se prevé que la probabilidad de que los tanques con más de 20 años de antigüedad, sea alta, ya que estos son más propensos a sufrir problemas de corrosión en sus estructuras, presentando fugas de significancia, a menos de que reciban un mantenimiento periódico. En la zona de estudio la mayoría de estaciones de servicio presentan en sus estructuras, sistemas de doble pared, provocando que la probabilidad de contaminación de estos sitios sea mínima.

#### ➤ **Cementerios**

Los cementerios pueden ser en una seria amenaza para la calidad de las aguas subterráneas, si no es controlada adecuadamente, el proceso de mineralización de las partes orgánicas de los restos humanos, los cuales propician la formación de olores desagradables y sustancias solubles portadoras de gérmenes patógenos.(Espinoza, j (2001)). De acuerdo a esto las principales potencias contaminantes en un cementerio son los virus y bacterias.

En la zona de estudio encontramos 4 cementerios: (para ubicación, ver Mapa de actividades contaminantes, cementerios en Anexo 7):

- Cementerio central ubicado en el municipio de Bucaramanga.
- Cementerio jardines de la colina.
- Cementerio del municipio de Girón.
- Cementerio del municipio de Piedecuesta.

#### ➤ **Actividad Industrial.**

La contaminación en las actividades industriales, va a estar ligada al manejo inadecuado de sustancias o productos que puedan afectar la calidad de las aguas

subterráneas. El sistema de recolección de las aguas industriales, es fundamental en el análisis de las potencias contaminantes en estos puntos. Para la zona de estudio todas las industrias presentan sistemas de alcantarillados con vertimientos a corrientes superficiales.

➤ **Actividades Pecuarias.**

En las actividades pecuarias el pastoreo intensivo, en tierras altamente fertilizadas puede provocar altas tasas de lixiviación en forma de nitratos ( $\text{NH}_3$ ), como puede ocurrir también con la aplicación de cantidades excesivas de lodos y excretas de animales.

### **2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE**

Luego de haber realizado una identificación de las actividades que pueden convertirse en una potencia contaminante de las aguas subterráneas. Se procedió a realizar la caracterización de las cargas contaminantes que más pueden llegar a afectar la calidad de las aguas subterráneas, definiendo su clase, intensidad, modo de disposición y duración de aplicación de la carga. Esto se realizó basados en el método de Foster e Hirata (2002).

En la zona aluvial de Bucaramanga se identificaron la siguiente cantidad de puntos generadores por actividades:

- Vertimientos alcantarillados: 31 puntos.
- Concesiones de aguas subterráneas: 56 puntos.
- Estaciones de Servicios: 51 puntos.
- Granjas Avícolas: 195 puntos.
- Granjas Piscícolas: 75 puntos.
- Industrias: 37 puntos.

- Cementerios: 4 puntos.
- Rellenos Sanitarios: 1 punto.

Para la caracterización de las cargas contaminantes, se han dividido las actividades en grupos, subgrupos y por ultimo en categorías, para lograr una identificación mejor de los puntos contaminantes.

La carga hidráulica aplicada por la precipitación en la zona de estudio será entre *50 mm/año y 150 mm/año*<sup>‡</sup>; es decir *0.137mm/d y 0.411 mm/d*.

### **2.3.1 Desarrollo Urbano. (Zonas Residenciales)**

La caracterización de la carga contaminante correspondiente al desarrollo urbano (zonas residenciales) es presentada en la *tabla 2.2*, en la cual se encuentra, la subdivisión de todas las actividades que se presentan en la zona de estudio. En los sistemas de alcantarillados encontramos aquellos que presentan fugas, y las que realizan sus vertimientos en los cuales algunos se presentan con tratamientos de aguas ya sea convencional (PETAR) y no convencional (Estructuras de remoción). También encontraremos los referentes a rellenos sanitarios, estaciones de servicios y cementerios.

---

<sup>‡</sup> MEMORIA EXPLICATIVA DE LA INVESTIGACION GEOLOGICA E HIDROGEOLOGICA EN EL MACIZO DE SANTANDER, Ingeominas Bucaramanga Abril de 2007, figura 48 Pagina 162

Tabla 2-2 Subdivisión por grupos y categorías del desarrollo urbano.

DESARROLLO URBANO (Zonas residenciales)						
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	SUBGRUPO 3	SUBGRUPO 4	SUBGRUPO 5	CATEGORIA
Saneamiento	Aguas Residuales	Con sistema de alcantarillado	Sin fugas	Alc. Con tratamiento	Convencional	DU1
					No convencional	DU2
				Alc. Sin tratamiento		DU3
			Con fugas			DU4
			Sin sistemas de alcantarillado	Pozos Septicos		
	Residuos Solidos	Rellenos Sanitarios				DU6
Almacenamientos de combustibles	Estaciones de Servicio					DU7
Cementerios						DU8

En los Anexos 1 y 5 se muestran las tablas de vertimientos y estaciones de servicio respectivamente, y en el 6 su ubicación en la zona.

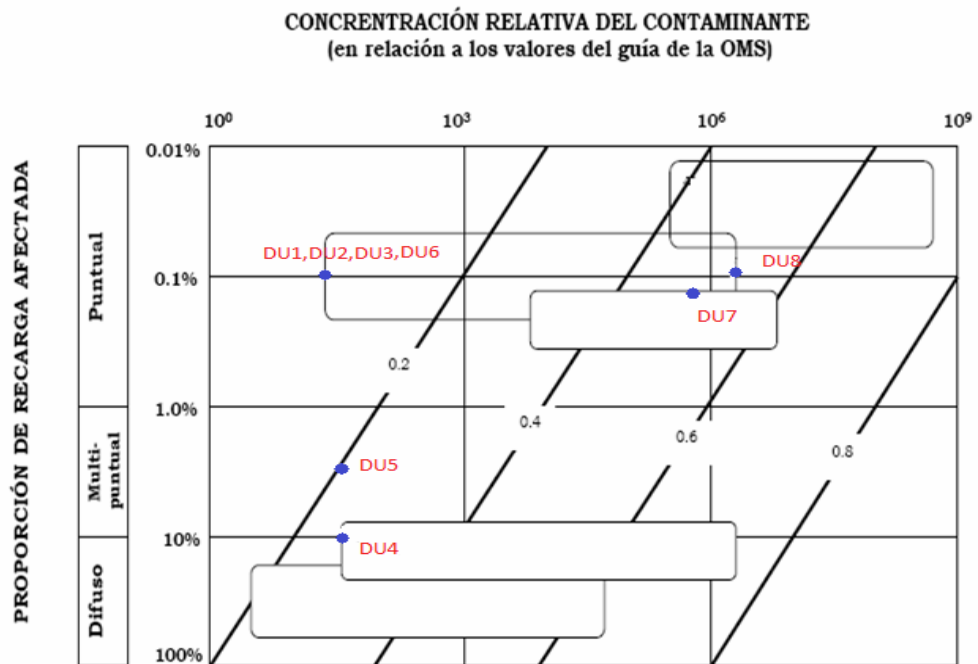
Para la caracterización, cada actividad se identificará con las categorías asignadas en la *tabla 2.2*. En la *figura 2.6* se presenta la caracterización del contaminante según su clase del desarrollo urbano, en donde se ve que en la mayoría de actividades, el contaminante identificado será el nitrato ( $\text{NO}_3$ ), con excepción de las categorías DU7 y DU8 que se presenta son hidrocarburos y virus y bacterias, respectivamente. En la *figura 2.7* se caracteriza según la intensidad del contaminante, para estos se toman los valores de concentración y el tipo de contaminación que estas generan.

Figura 2.6 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Desarrollo urbano.

**DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE**

		DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE		
		Insignificante	Lenta	Rápida
RETARDACIÓN DEL CONTAMINANTE	Insignificante	1.0 DU1,DU2,DU3,DU4,DU5,DU6	0.7	0.4
	Débil	0.8	0.6 DU7	0.3 DU8
	Fuerte	0.5	0.4	0.2

Figura 2.7 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Desarrollo urbano



La figura 2.8, muestra la caracterización de la carga según su modo de disposición, para estos se utiliza la carga hidráulica asociada con el contaminante

y por precipitación, y la profundidad donde esta siendo descargado ese contaminante. En la *figura 2.9* se caracteriza según la duración de aplicación, teniendo en cuenta la probabilidad de contaminación y el tiempo de aplicación. En para el caso de alcantarillados se considera que el tiempo de aplicación de este contaminante esta dado en decadas por que es el tiempo de construccion que presentan estas estructuras.

Figura 2.8 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Desarrollo urbano

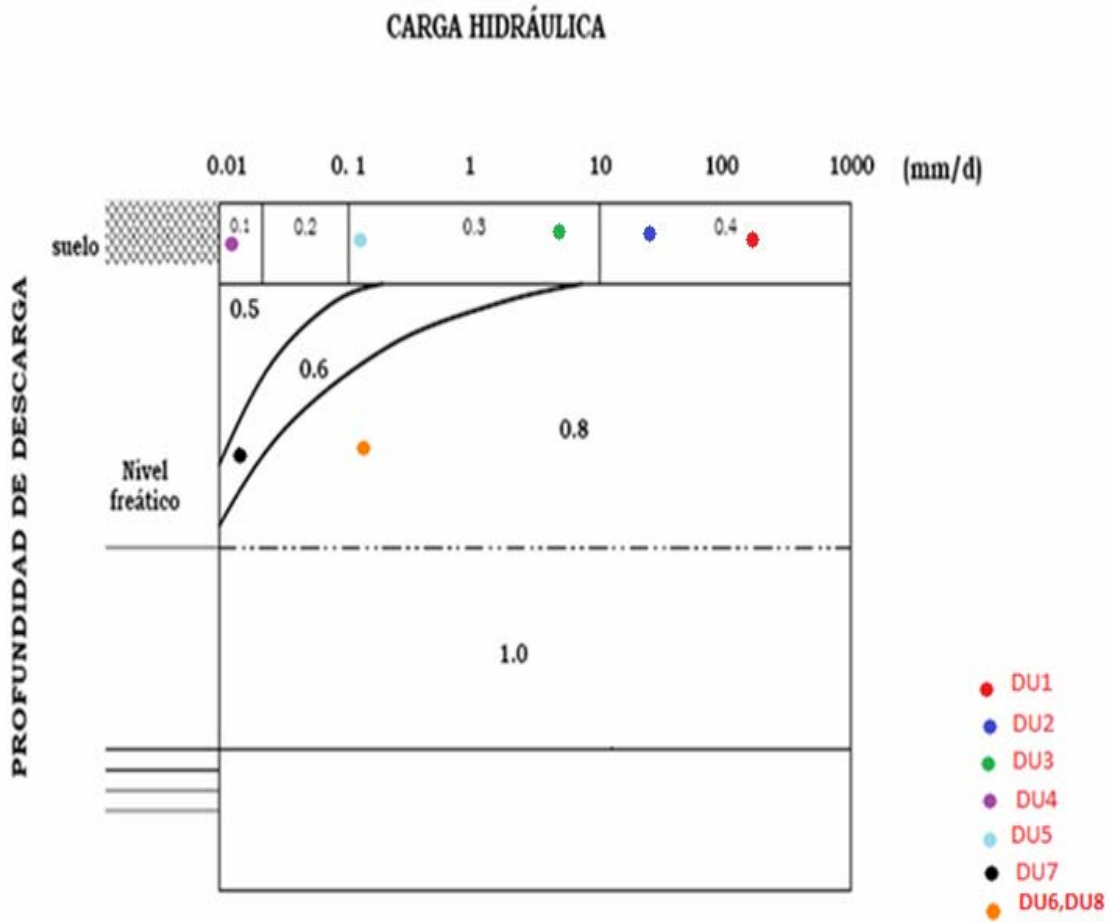
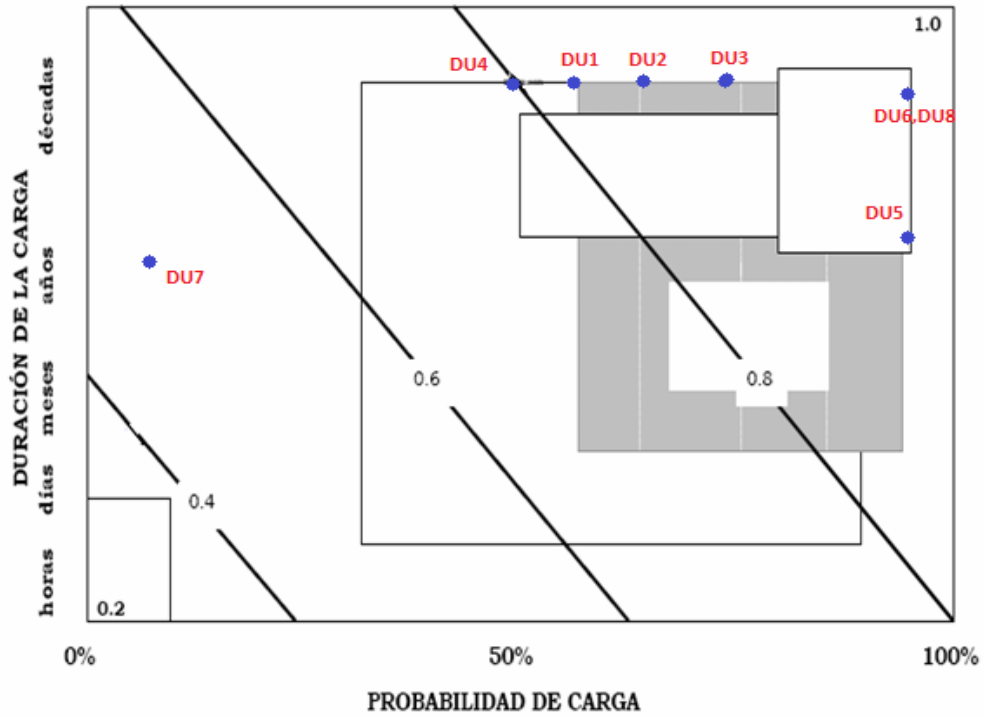


Figura 2.9 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Desarrollo Urbano.



En la *tabla 2.3* se muestran los índices de carga contaminante por categorías, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones, el índice es calculado mediante la expresión planteada por Rueda y Angel (2004), presentada en el numeral 2.1.

Tabla 2-3 Caracterización de las cargas contaminantes para el desarrollo urbano. Metodología Foster e Hirata (1988)

DESARROLLO URBANO (ZONAS RESIDENCIALES)											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
DU1	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,40	carga hidráulica entre 127,9mm/d y 128,21mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,83	Duración en Décadas y 55% de probabilidad	0,62	ALTO
DU2	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,40	carga hidráulica entre 30,69mm/d y 30,96mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,87	Duración en Décadas y 60% de probabilidad	0,63	ALTO
DU3	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,30	carga hidráulica entre 8,18mm/d y 8,45mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,90	Duración en Décadas y 70% de probabilidad	0,61	ALTO
DU4	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,26	50µg/l, contaminación puntual	0,10	carga hidráulica de 0,01 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,80	Duración en Décadas y 50% de probabilidad	0,58	MODERADO
DU5	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,20	50µg/l, contaminación puntual	0,30	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	1,00	Duración en Décadas y 50% de probabilidad	0,66	ALTO
DU6	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,80	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga cerca al nivel freático	1,00	Duración en Décadas y 100% de probabilidad	0,74	ALTO
DU7	Hidrocarburos	0,60	Degradación lenta, retardación débil	0,50	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> µg/l, contaminación puntual	0,60	carga hidráulica entre 0,01 mm/d, descarga cerca al nivel freático	0,50	Duración en años y 5% de probabilidad	0,55	MODERADO
DU8	Virus y Bacterias	0,30	Degradación lenta, retardación insignificante	0,52	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>7</sup> µg/l, contaminación puntual	0,80	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga cerca al nivel freático	1,00	Duración en décadas y 100% de probabilidad	0,62	ALTO

### 2.3.2 Actividades Industriales.

En las actividades industriales, el tipo de contaminante varía dependiendo el tipo de actividad que se desarrolle en cada punto identificado como potencia contaminante. Su carga hidráulica va a estar ligada a un porcentaje del caudal de descarga (para la zona de estudio del 30%, debido a las propiedades del suelo de esta) de este efluente ejercido en un área aferente de estas industrias además de la carga ejercida por la precipitación.

En la zona aluvial de Bucaramanga se han encontrado 37 puntos potenciales de contaminación (Inventario de industrias, Corporación para la defensa de la meseta de Bucaramanga, CDMB (2007)), relacionados a actividades industriales, generando contaminación en un área aferente a donde se realizan estas descargas. En el *Anexo 4* se presenta la tabla de industrias, con su nombre y caudal de vertimiento. En la tabla 2.4 se realiza la división en subgrupos y categorías de las actividades industriales, realizando esta división por el tipo de industrias identificadas en la zona de estudio.

**Tabla 2-4 Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Industriales.**

ACTIVIDAD INDUSTRIAL			
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	CATEGORIA
Descargue a Corriente	Industria de Alimento	Alimento Animales	AI1
		Productos Lácteos	AI2
		Produc. Y Transformación de Carne	AI3
		Frutas y Hortalizas	AI4
	Industria Embotelladora	Elaboración bebidas alcohólicas	AI5
	Industria Curtidora y Preparadora de cueros		AI6
	Industria de Mante. de vehiculos y comercio de combustible		AI7
	Centro de Investigaciones y deportes		AI8
	Alojamientos y Centros culturales		AI9
	Acueducto y Eliminación A.R	Eliminación de Desperdicios	AI10
		Captación de aguas	AI11
	Indus. Constructoras		AI12

Para la caracterización, la identificación de las actividades en las tablas se hace por medio de las categorías asignadas en la *Tabla 2.4*.

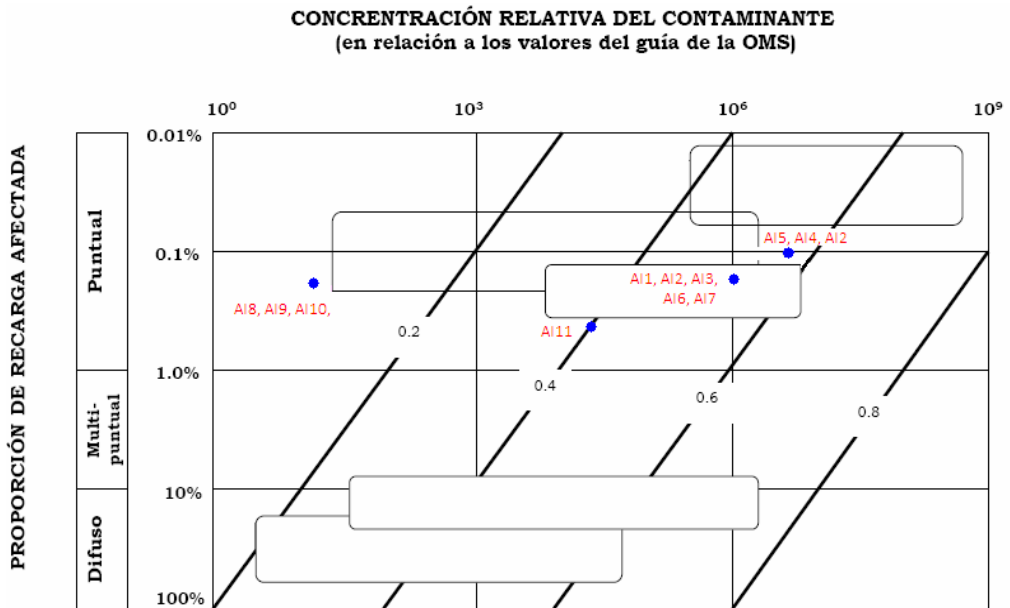
La caracterización de la carga según su clase para las actividades industriales se ven en la *figura 2.10*, en la que podemos observar la gran variedad de contaminantes que se desarrollan, por los diferentes tipos de industrias que hay en cada categoría. En la *figura 2.11* se observa la caracterización de la intensidad del contaminante, en la cual se ve que todas presentan una contaminación puntual, en algunos casos se ve con mayor porcentaje debido a que por su distribución intentaban alcanzar el rango de multipuntuales.

Figura 2.10 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Actividades industriales.

**DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE**

		<b>Insignificante</b>	<b>Lenta</b>	<b>Rápida</b>
<b>RETARDACIÓN DEL CONTAMINANTE</b>	<b>Insignificante</b>	1.0 <i>A18,A19,A110,A111,A112</i>	0.7	0.4
	<b>Débil</b>	0.8	0.6 <i>A11,A13,A17</i>	0.3 <i>A12,A14,A15</i>
	<b>Fuerte</b>			<i>A16</i> 0.2
		0.5	0.4	0.2

Figura 2.11 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Actividades Industriales.



Para la caracterización del modo de disposición en las actividades industriales, mostrado en la *figura 2.12*, se utilizó el caudal de los vertimientos en cada uno de estos puntos y la carga por precipitación, y las descargas fueron superficiales. Para la duración del contaminante se consideraron estas en el rango de años.

Figura 2.12 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Actividades Industriales.

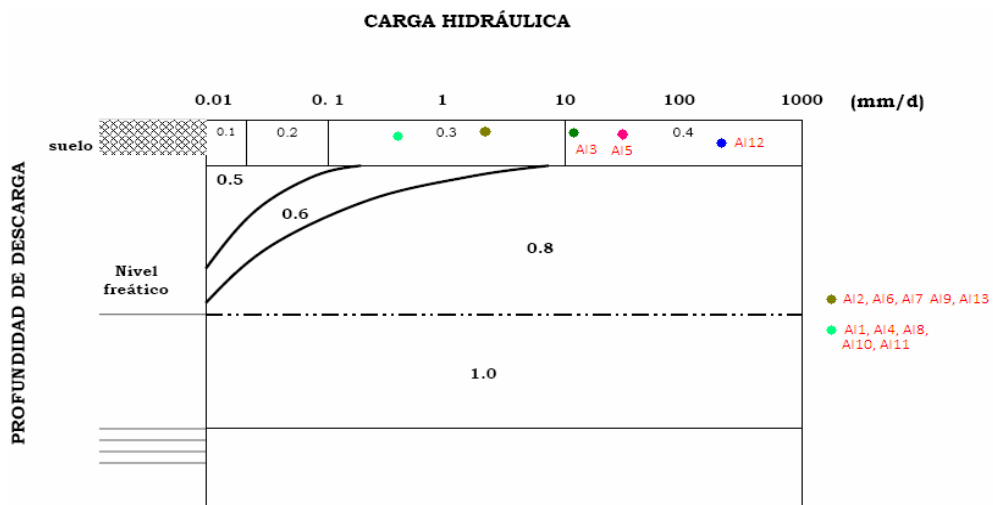
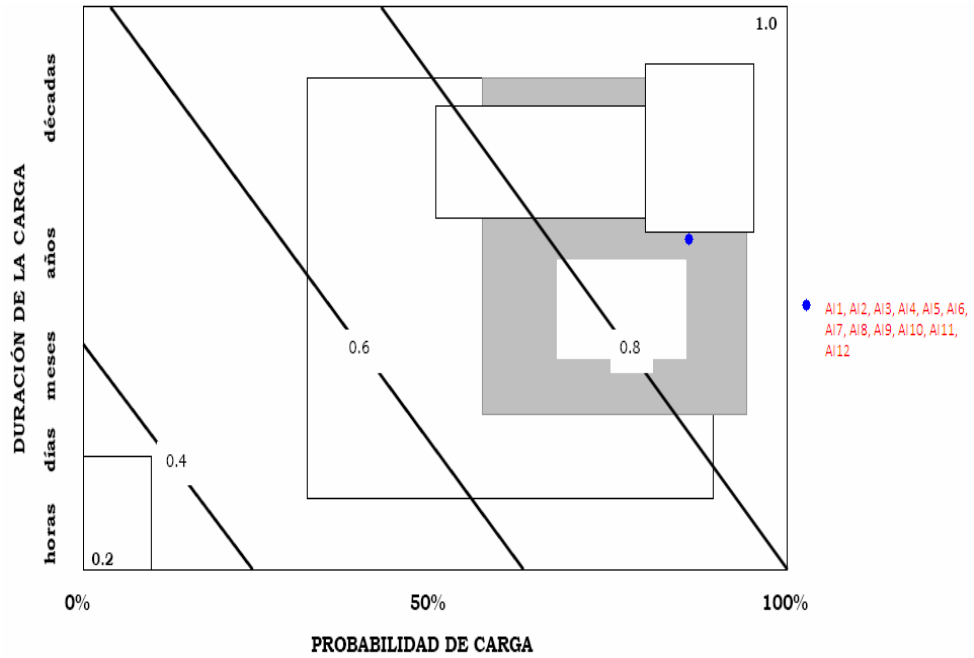


Figura 2.13 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Actividades Industriales.



En la *tabla 2.5* y la *tabla 2.6* se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones, el índice es calculado mediante la expresión planteada por Rueda y Angel (2004), presentada en el numeral 2.1.

2-5. Caracterización de las cargas contaminantes para las Actividades Industriales

ACTIVIDADES INDUSTRIALES											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
A11	Grasas y Aceites	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 1.32 mm/d y 1.6 mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,60	MODERADO
A12	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 6.29mm/d y 6.57mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,50	MODERADO
A13	Grasas y Aceites	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,40	Infiltración entre 11.18 mm/d y 11.46 mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
A14	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 2.04mm/d y 2.31mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,50	MODERADO
A15	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,60	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,40	Infiltración entre 24.39mm/d y 24.67mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,54	MODERADO
A16	Metales Pesados	0,20	Degradación rápida, retardación fuerte	0,25	8800 µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 5.10mm/d y 5.38mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,42	MODERADO

**2-6. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades industriales.**

<b>AI7</b>	Hidrocarburos	0,60	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de $10^6$ , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 0.99mm/d y 1.27mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,60	MODERADO
<b>AI8</b>	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre .57mm/d y .84mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
<b>AI9</b>	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 4.87mm/d y 5.54mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
<b>AI10</b>	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre .69mm/d y .97mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
<b>AI11</b>	Cl	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,40	Concentración entre $10^3$ y $10^6$ , contaminación puntual	0,40	Infiltración entre 351mm/d y 351.37mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en décadas, probabilidad 90%	0,70	ALTO
<b>AI12</b>	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 1.93mm/d y 2.6mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO

### 2.3.3 Cultivos Agrícolas:

Para la zona de estudio, los cultivos agrícolas se van a presentar de forma extensiva por tal motivo se van a encontrar como una de las actividades con mayor potencial de contaminación.

Para este tipo de actividad la carga hidráulica va a depender de la cantidad de fertilizante y plaguicidas que pueden llegar a ser irrigadas por hectárea de cultivo, y la carga que se infiltra por precipitación. Para fertilizantes, el nitrato toma concentraciones en el orden de 9200µg/L y los plaguicidas toman valores relativos de 5.5µg/L. (Gaviria, J.2007). Su probabilidad de contaminación será alta debido a que hacen descargas directas al suelo.

En el anexo 8, se muestra la distribución que presenta cada cultivo en la zona de estudio.

La *tabla 2.7* muestra la subdivisión hecha por tipos de cultivos, los que usaban fertilizantes o plaguicidas, categorizándolos de tal forma.

**Tabla 2-7. Subdivisión por grupos y categorías de los Cultivos Agrícolas.**

<b>CULTIVOS AGRICOLAS</b>			
<i>GRAN GRUPO</i>	<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>CATEGORIA</i>
<b>TIERRAS AGROPECUARIAS MIXTAS</b>	<b>CULTIVOS AGRICOLAS</b>	PLAGUICIDAS	<b>CA1</b>
		FERTILIZANTES	<b>CA2</b>
	<b>TIERRAS AGROP. MIXTAS</b>	PLAGUICIDAS	<b>CA3</b>
		FERTILIZANTES	<b>CA4</b>
<b>TIERRAS AGROFORESTALES</b>	<b>SILVOAGRICOLA</b>	FERTILIZANTES	<b>CA5</b>
		PLAGUICIDAS	<b>CA6</b>

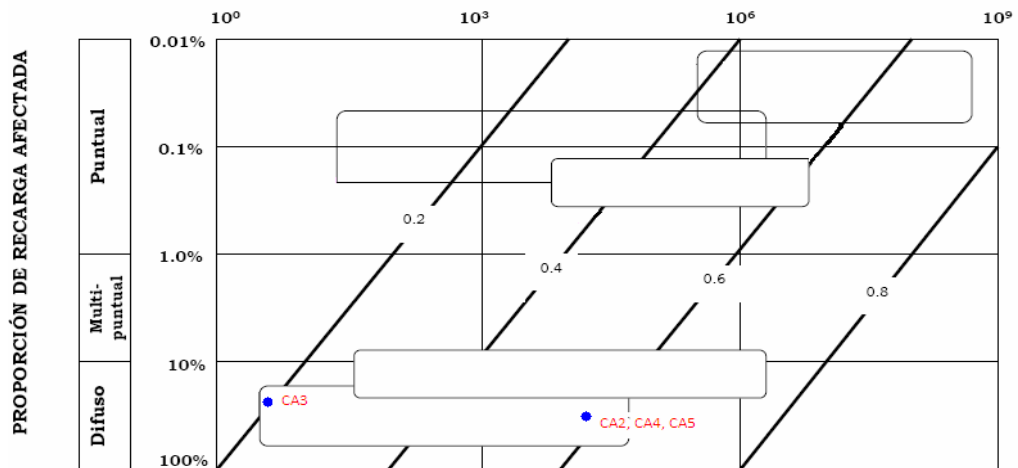
No se realizó la caracterización del CA1 ni del CA6, ya que su índice es muy bajo y en el sitio de este, el fertilizante posee un mayor índice contaminante y ocupará su lugar en el cultivo.

En la figura 2.14 se ven la caracterización del contaminante según su clase, en la que se observa, la clasificación máxima para los fertilizantes por los nitratos que estos presentan y la otra esta dada o para plaguicidas. La intensidad estará dada por una contaminación difusa, como se muestra en la figura 2.15.

Figura 2.14 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Cultivos Agrícolas.  
DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE

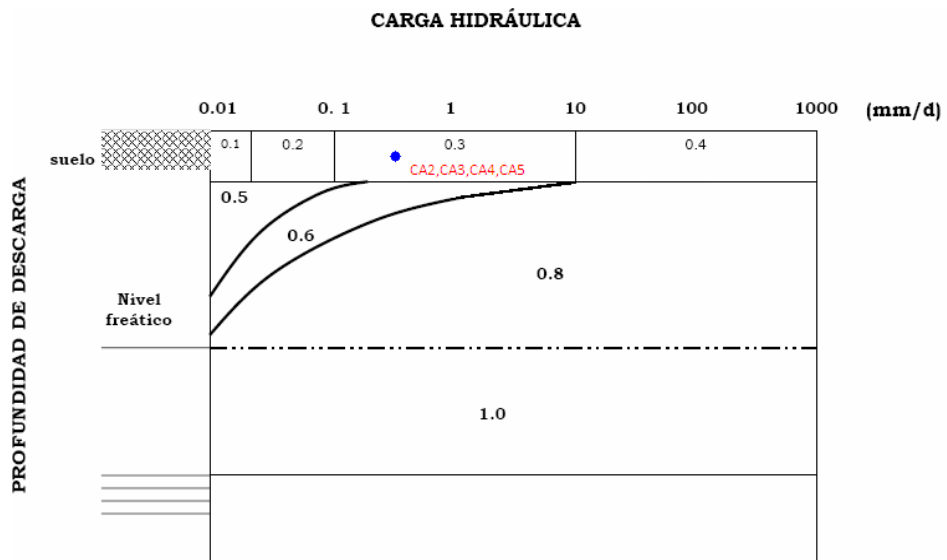
		Insignificante	Lenta	Rápida
RETARDACIÓN DEL CONTAMINANTE	Insignificante	1.0 CA2,CA4,CA5	0.7	0.4
	Débil	0.8	0.6 CA3	0.3
	Fuerte	0.5	0.4	0.2

**Figura 2.15 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Cultivos Agrícolas.**  
**CONCENTRACIÓN RELATIVA DEL CONTAMINANTE**  
 (en relación a los valores del guía de la OMS)

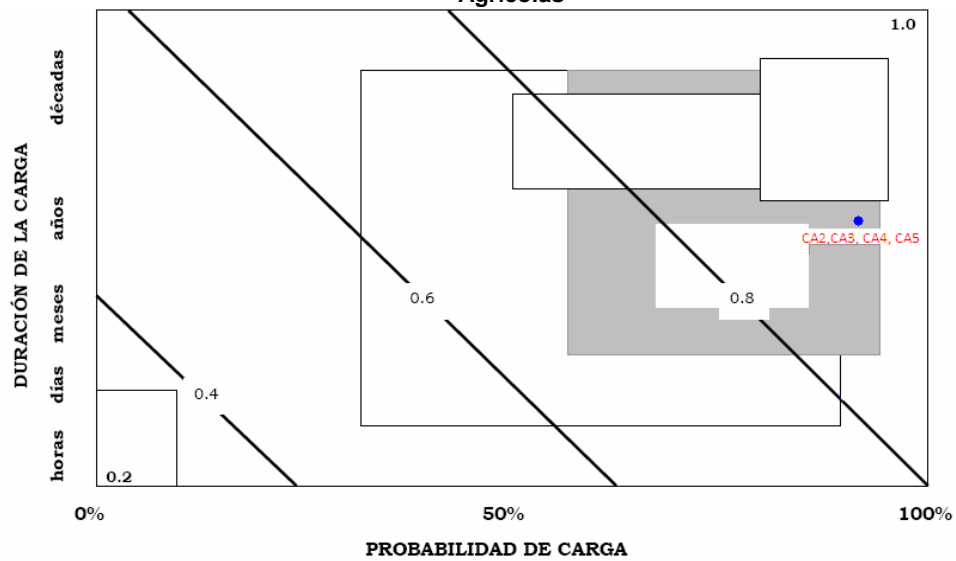


El modo de disposición estará dado por la recarga de infiltración que puede presentar el contaminante y la carga por precipitación, las descargas se darán en la superficie como se muestra en la *figura 2.16*. En la *figura 2.17* se observa que el tiempo de aplicación del contaminante será en años y su probabilidad será alta.

**Figura 2.16 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Cultivos Agrícolas**



**Figura 2.17** Caracterización de la carga contaminante según su Duración de aplicación. Cultivos Agrícolas



En la *tabla 2.8* se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones, el índice es calculado mediante la expresión planteada por Rueda y Angel (2004), presentada en el numeral 2.1.

Tabla 2-8. Caracterización de las cargas contaminantes para los Cultivos Agrícolas

CULTIVOS AGRICOLAS											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
CA2	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,56	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75	ALTO
CA3	Plaguicidas	0,60	Degradación lenta, retardación debil.	0,20	Concentración relativa 5.5, contaminación difusa	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0.53	MEDIO
CA4	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.		0,56	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75
CA5	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,56	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75	ALTO

#### **2.3.4 Actividades Pecuarias:**

En la zona aluvial de Bucaramanga las principales actividades pecuarias que se identificaron como potencias contaminantes, fueron las granjas avícolas y porcícolas.

En las granjas avícolas se puede catalogar dependiendo del uso y actividad que se realice en estas granjas, ya sea de uso industrial, que es el caso de mataderos y procesadoras de estas especies. En estos casos la principal fuente de contaminación está dada por las grasas y aceites, en estos puntos de contaminación, existen vertederos a corrientes de agua, por tal motivo su carga hidráulica va a estar dada por el caudal de estos efluentes, y el área de afectación de estos puntos también influye la carga por precipitación.

En los casos donde las granjas solo son para procesos de crías de aves de corral, la contaminación al subsuelo está dada por la cantidad de lixiviados que se presentan debido a la lluvia, el contaminante a analizar son los nitratos ( $\text{NO}_3$ ). Para las actividades pecuarias la concentración del nitrato recomendado por la organización mundial de la salud va a ser de 16000  $\mu\text{g/l}$  teniendo en cuenta que la cantidad de residuos sólidos generados por un ave es de 2 Kg/semana y su concentración de nitrógeno será del 6%. Su probabilidad de contaminación será alta.

En las granjas porcícolas ocurre algo similar que en las granjas avícolas especializadas en la cría de estas. En estas granjas los residuos generados por los cerdos, son confinados con el fin de tratarlo como abono, en este proceso se produce la lixiviación de estos. El valor de concentración recomendado por la organización mundial de la salud será del orden de 16000  $\mu\text{g/l}$ , teniendo en cuenta que un cerdo produce 40 Kg/semana de materia fecal y su porcentaje de nitrógeno será del 5,6%. Su probabilidad de contaminación será alta por estar en contacto

directo al subsuelo. En la *tabla 2.9* se presenta la subdivisión realizada para este tipo de actividad.

**Tabla 2-9. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Pecuarias.**

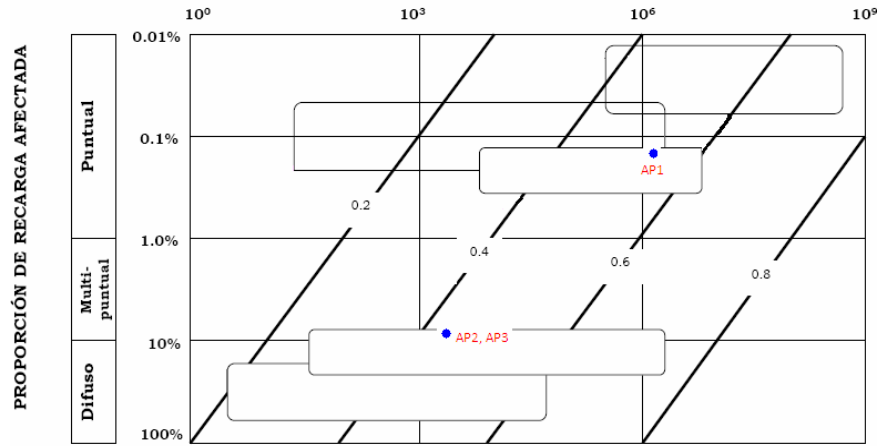
Actividades Pecuarias			
GRAN GRUPO	GRUPO	SUBGRUPO	CATEGORIA
<b>Actividades Pecuarias</b>	Act. Avícola	Industrial	AP1
		Excremento como abono	AP2
	Act. Porcícola	Excremento como abono	AP3

La *figura 2.18* muestra la caracterización de la clase mostrando para sus categorías los nitratos y las grasas y aceites. En la *figura 2.19* la intensidad del contaminante para esta actividad, se puede ver que el tipo de contaminación será multipuntual debido a la cantidad de granjas encontradas por veredas en la zona.

**Figura 2.18 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Actividades Pecuarias.**

		DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE		
		Insignificante	Lenta	Rápida
RETARDACIÓN DEL CONTAMINANTE	Insignificante	1.0 AP2,AP3	0.7	0.4
	Débil	0.8	0.6 AP1	0.3
	Fuerte	0.5	0.4	0.2

**Figura 2.19 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Actividad Pecuaria.**  
**CONCENTRACIÓN RELATIVA DEL CONTAMINANTE**  
 (en relación a los valores del guía de la OMS)



La *figura 2.20* muestra que en el modo de disposición de la carga, la descarga se hace a nivel superficial. La duración de la carga estará dada en años de aplicación y su probabilidad será alta como se ve en la *figura 2.21*.

**Figura 2.20 Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Actividades Pecuarias.**  
**CARGA HIDRÁULICA**

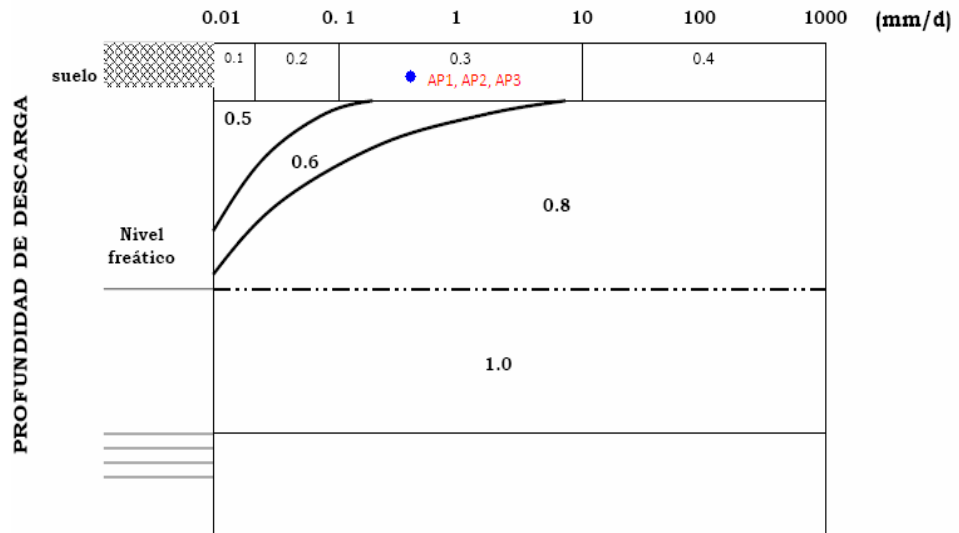
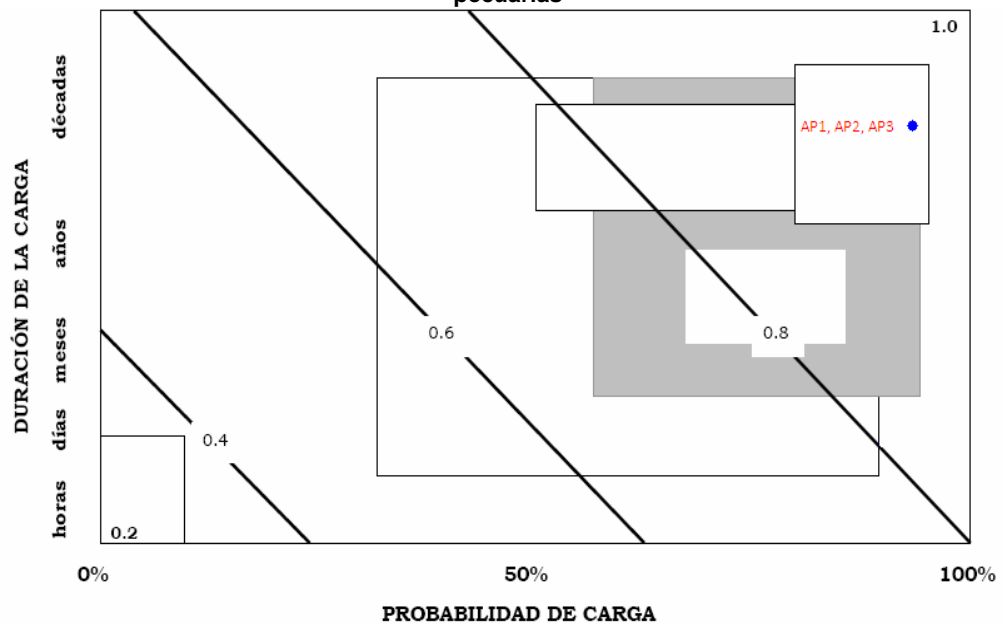


Figura 2.21 Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. actividades pecuarias



En la *tabla 2.10* se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones, el índice es calculado mediante la expresión planteada por Rueda y Angel (2004), presentada en el numeral 2.1.

Tabla 2-10. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades pecuarias

ACTIVIDADES PECUARIAS											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
AP1	Hidrocarburos	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 0.7mm/d y 0.97mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,50	Duración en años, probabilidad 20%	0,50	MODERADO
AP2	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,42	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación multipuntual.	0,20	Infiltración entre 0.07mm/d y 0.21mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,69	ALTO
AP3	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,42	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación multipuntual.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,71	ALTO

### 2.3.5 Accidentes Ambientales:

Este tipo de actividades hace referencia aquellos puntos donde se encuentran concesiones de aguas subterráneas, y por ende las aguas subterráneas tienen un nivel de exposición directa al ambiente en el que se encuentren estos puntos, es el caso de lavaderos de automóviles, en el cual accidentalmente pueden ocurrir derrames de hidrocarburos, o en el caso de fincas, la caída de animales muertos o excremento de animales, pueden convertir ese punto en una potencia de contaminación a dichas aguas. Por ende para este tipo de puntos se considera que la probabilidad de contaminación será alta. En el Anexo 5 se presentan las concesiones de aguas con sus respectivas coordenadas y usos.

La subdivisión para esta categoría es mostrada en la tabla 2.11 la cual será dada en, las concesiones de consumo humano o las utilizadas para lavaderos de carros.

Tabla 2-11. Subdivisión por grupos y categorías de las actividades pecuarias.

ACCIDENTES AMBIENTALES			
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 1	CATEGORIA
Accidentes Ambientales	Lavaderos de carros		AA1
	Consumo Humano, Abrevadero.	Animales Muertos	AA2
		Excrementos animales	AA3

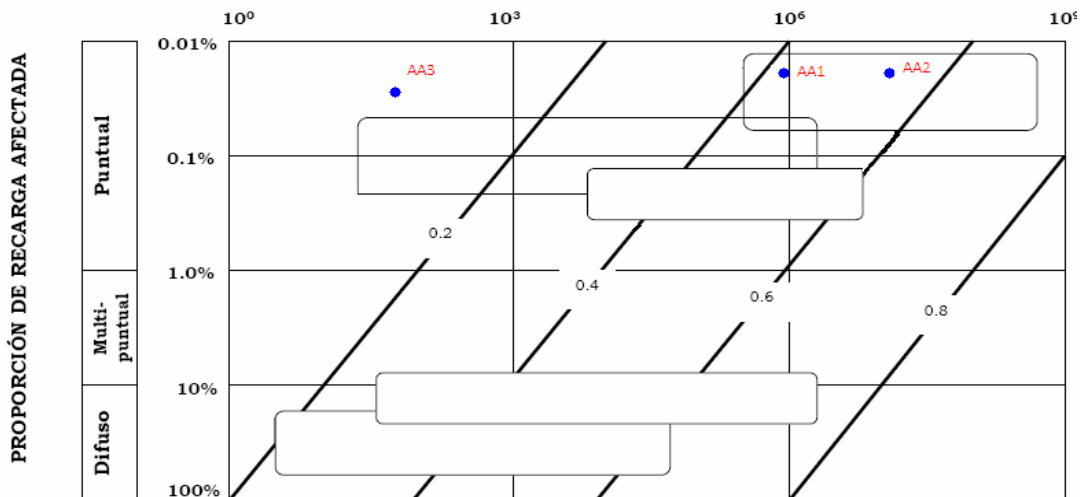
La identificación de las actividades en cada figura de caracterización estará dada por las categorías dadas en la *tabla 2.11*.

La clase de contaminante encontramos un contaminante diferente para cada categoría como se muestra en la *figura 2.22*, los cuales serán nitratos, hidrocarburos y virus y bacterias. En la intensidad del contaminante la contaminación estará dada puntual como se observa en la *figura 2.23*.

Figura 2.22 Caracterización de la carga contaminante según su clase. Accidentes Ambientales.  
DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE

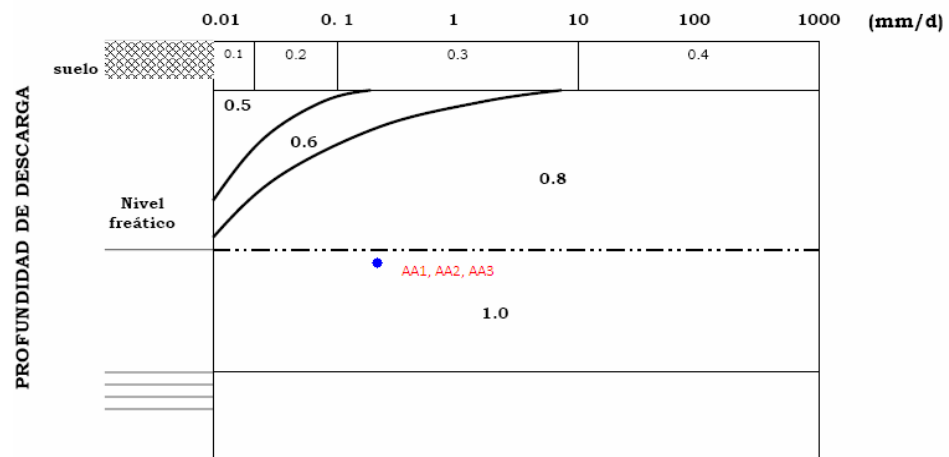
		DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE		
		Insignificante	Lenta	Rápida
RETARDACIÓN DEL CONTAMINANTE	Insignificante	1.0 AA3	0.7	0.4
	Débil	0.8	0.6 AA1	0.3 AA2
	Fuerte	0.5	0.4	0.2

Figura 2.23 Caracterización de la carga contaminante según su intensidad. Accidentes Ambientales.  
CONCENTRACIÓN RELATIVA DEL CONTAMINANTE  
(en relación a los valores del guía de la OMS)

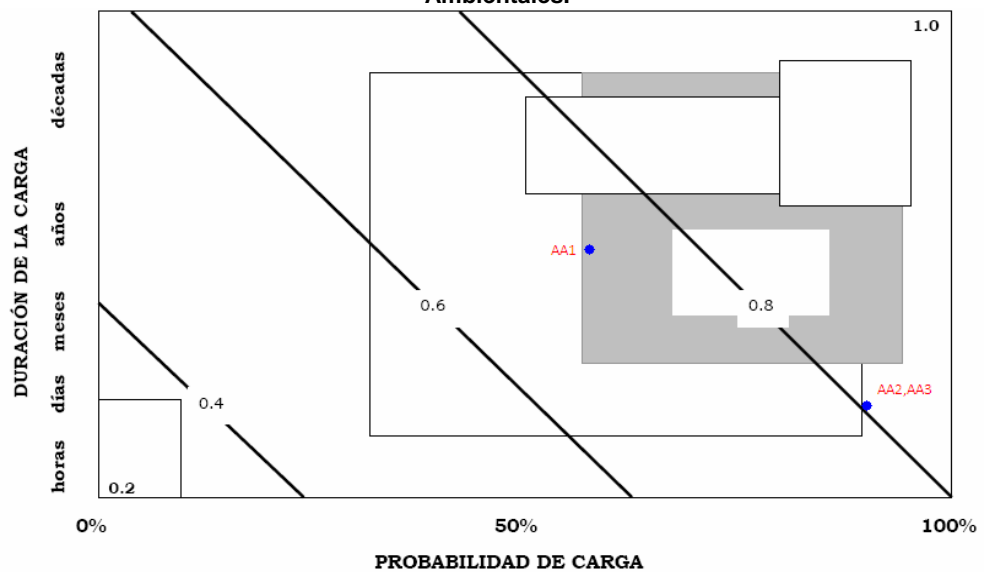


En la *figura 2.24* se observa que para el modo de disposición, la carga hidráulica esta dada por la precipitación del sitio y su descarga estara dada en el nivel freatico. En la duración del contaminante, para los accidentes de consumo humano , el tiempo de aplicación estara dado en dias mientras que para el de lavados de carros se da en años como se ve en la *figura 2.25*.

**Figura 2.24** Caracterización de la carga contaminante según su modo de disposición. Accidentes Ambientales.  
**CARGA HIDRÁULICA**



**Figura 2.25** Caracterización de la carga contaminante según su duración de aplicación. Accidentes Ambientales.



En la *tabla 2.12* se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones, el índice es calculado mediante la expresión planteada por Rueda y Angel (2004), presentada en el numeral 2.1.

**Tabla 2-12. Caracterización de las cargas contaminantes para los Accidentes Ambientales.**

ACCIDENTES AMBIENTALES											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
AA1	Hidrocarburos	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,50	Duración en años, probabilidad 20%	0,65	ALTO
AA2	Virus y bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,80	Duración en días, probabilidad 90%	0,63	ALTO
AA3	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,82	Duración en días, probabilidad 90%	0,75	ALTO

### 3 PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se evaluará el peligro a la contaminación de las aguas subterráneas debido a las cargas contaminantes en la zona. Definiremos de forma resumida las variables que interactúan entre sí para cálculo de dicho peligro (Amenaza y Vulnerabilidad), y procederemos a dar una explicación de la forma como se calculó este peligro.

#### ➤ **Vulnerabilidad**

Se define como la propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos o naturales (Vrba y Zaporozec, 1994).

Los mapas de vulnerabilidad para la zona de estudio, se realizaron por las metodologías de DRASTIC Y GOD (Camargo, L., González, J, 2010). Para el cálculo del peligro se utilizará el resultado de la metodología GOD.

#### ➤ **Amenaza**

Son todas aquellas actividades antrópicas, capaces de afectar la calidad del acuífero, tornándolo inaceptable para el consumo humano, la cual se hace presente en cada una de estas actividades como un índice de carga contaminante (ICC).

#### ➤ **Peligro**

El peligro a la contaminación de las aguas subterráneas se ha definido como la interacción entre la amenaza (Índice de Carga Contaminante) y la vulnerabilidad que tiene un acuífero a la contaminación (Foster et al., 2002).

El Arc gis, es un software de Sistemas de Información Geográfica, el cual nos permite, observar, explorar, consultar, manipular, dar atributos, dar formatos y realizar operaciones, de datos geográficos, de manera que sean de fácil entendimiento para quien los manipule. Con la ayuda de este software se realizarán los mapas de amenaza y peligro, los cuales, en el producto final se entregaran en formato RASTER, que es un sistema de información representado en pixeles, cada pixel con un área, un Índice de Carga Contaminante y Peligro respectivamente

### 3.1 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL PELIGRO.

El peligro se calculará con los productos que se obtendrán de los mapas Vulnerabilidad y Amenaza, mediante la superposición de estos.

Cruzando lo diferentes atributos de estas dos variables, se armó la matriz de interacción entre el ICC (Índice de Carga Contaminante) y la VULNERABILIDAD, como se muestra en la *figura 3.1*.

**Figura 3.1 Matriz de interacción Vulnerabilidad –ICC.**

Amenaza	Vulnerabilidad				
	E	A	M	B	MB
ICC elevado	E	A	A	M	B
ICC moderado	A	A	M	B	MB
ICC reducido	A	M	B	B	MB

(Tomado de Betancur, 2008)

Donde:

Extrema E; Alta A; Moderada M; Baja B y Muy baja MB.

El procedimiento realizado en esta matriz se adaptó a uno de los paquetes de software utilizados, (Arc Gis), para poder, mediante una operación entre mapas superponer la información que se tiene en cada plano, dando como resultado el mapa de peligro.

Previamente se asignó un valor numérico a cada índice de amenaza y vulnerabilidad, de la *figura 3.2*, dependiendo de su importancia, para así poder ser introducida al Arc Gis, como se muestra en la *figura 3.3*.

**Figura 3.2 Asignación valores para matriz de peligro**

Amenaza	Vulnerabilidad				
	500 <sup>E</sup>	400 <sup>A</sup>	300 <sup>M</sup>	200 <sup>B</sup>	100 <sup>MB</sup>
3 <sup>ICC elevado</sup>					
2 <sup>ICC moderado</sup>					
1 <sup>ICC reducido</sup>					

Además de esto a cada valor de Vulnerabilidad dado se le multiplico por un factor de ajuste a cada índice dependiendo de su importancia; Ej: vulnerabilidad MB (Media baja) le correspondió 0.5, al B (Bajo) 1.0, al M (Medio) el valor fue de 1.5, el A (Alto), fue de 2 y el E (Extremo) fue de 2.5, luego se procedió a realizar las operaciones de filas y columnas dando como resultado lo mostrado en la *figura 3.4*.

**Figura 3.3 Matriz de peligro para referenciar en Arc gis.**

Amenaza	Vulnerabilidad				
	1250 <sup>E</sup>	800 <sup>A</sup>	450 <sup>M</sup>	200 <sup>B</sup>	50 <sup>MB</sup>
3 <sup>ICC elevado</sup>	3750 <sup>E</sup>	2400 <sup>A</sup>	1350 <sup>A</sup>	600 <sup>M</sup>	150 <sup>B</sup>
2 <sup>ICC moderado</sup>	2500 <sup>A</sup>	1600 <sup>A</sup>	900 <sup>M</sup>	400 <sup>B</sup>	100 <sup>MB</sup>
1 <sup>ICC reducido</sup>	1250 <sup>A</sup>	800 <sup>M</sup>	450 <sup>B</sup>	200 <sup>B</sup>	50 <sup>MB</sup>

Con estos parámetros obtenidos mediante la operación en el Arc Gis se definieron los rangos de peligro, como se observa en la tabla 3.1.

**Tabla 3-1 Rangos establecidos para la clasificación del peligro**

Muy Bajo	0-100
Bajo	101-500
Moderado	501-1000
Alto	1001-3000
Extremo	>3000

De acuerdo con la información obtenida por medio de esta matriz, se dieron los resultados de peligro de las diferentes actividades potencialmente contaminantes en el lugar donde estas actúan. Como resultado de este análisis se obtuvo zonas con riesgo Extremo, Alto, Moderado, Bajo, Muy Bajo.

## **3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos en cada mapa realizado, tanto como el de amenaza, como para el de peligro, explicando cada resultado obtenido en cada uno de estos, según la actividad que allí se realice.

### **3.2.1 Mapa de Amenaza**

Para realizar el mapa de amenaza en la zona de estudio, se utilizó la metodología propuesta por Foster e Hirata (1988), en el cual se planteaba la identificación de las actividades que pudieran llegar a convertirse como una potencia contaminante, para la calidad de las aguas subterráneas, y luego esto realizar una caracterización de los contaminantes más significativos que se podían presentar en cada uno de estos puntos, obteniendo con esto un índice de carga

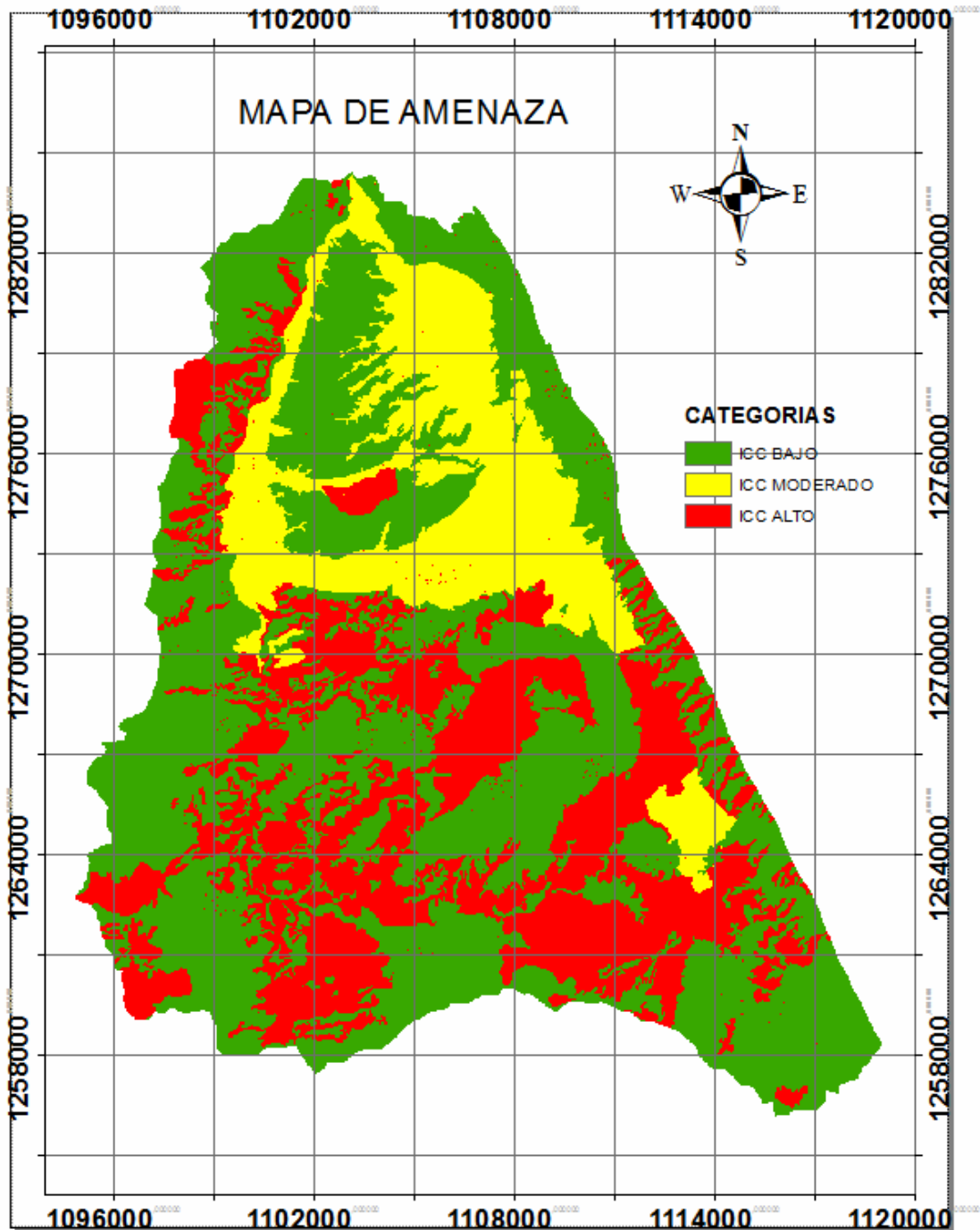
contaminante, el cual es el índice indicador de la amenaza. En la zona de estudio se identificaron las siguientes actividades:

- Zonas residenciales con sistemas de Alcantarillados. (información suministrada por el **EMPAS**).
- Pozos sépticos. (información suministrada por la **CDMB**).
- Relleno sanitario. (información suministrada por la **CDMB**).
- Estaciones de Servicio. (información suministrada por la **CDMB**).
- Cementerios. (información suministrada por la **CDMB**).
- Concesiones de aguas subterráneas de consumo humano y para lavaderos de carros. (información suministrada por la **CDMB**).
- Actividades industriales. (información suministrada por la **CDMB**).
- Cultivos Agrícolas. (información suministrada por la **CDMB**).
- Actividades pecuarias: Granjas Avícolas y Porcícolas. (información suministrada por la **CDMB**).

El estudio realizado en la zona para el Mapa de amenaza, fue realizado solo con la información suministrada por las entidades, excluyendo otros puntos de contaminación que pueden existir, pero los cuales no presentan registro.

En la *figura 3.4* se presenta el mapa de amenaza en la zona aluvial de Bucaramanga, en el cual se muestra su división en categorías, dadas por su índice de carga contaminante (indicador de Amenaza), ya sean estas Baja, Moderada o Alta. El mapa fue realizado en coordenadas Magna-Sirgas (nuevo sistema de referencia oficial del país), a una escala de 30 m por píxel y se encuentra en formato *Raster*.

Figura 3.4 Mapa de Amenaza a la Contaminación de las Aguas Subterráneas la zona aluvial de Bucaramanga.



Del mapa de Amenaza se han obtenido categorías que van desde una Amenaza Alta, hasta una Amenaza Baja. Las zonas donde se presenta una amenaza alta

en áreas extensas, se debe a una contaminación difusa generada por las actividades agrícolas capaces de generar cargas de contaminación alta, por la cantidad de fertilizantes poseedores de nitratos, irrigados a lo largo de estas zonas. Por otra parte las zonas urbanas o residenciales presentan una Amenaza moderada, que es generada por la infiltración que se generan por las fugas causadas por los años de deterioro en los sistemas de alcantarillado, sin embargo en esta zona se logra presenciar pequeños puntos de Amenaza Alta, esto se debe a aquellos lavaderos de carros ubicados en la zona urbana, que presentan concesiones de aguas, los cuales están en contacto directo con el acuífero.

Como también se logran observar serie de puntos altos, que son generados por el relleno sanitario, las granjas tanto avícolas como porcícolas y los pozos sépticos.- Las zonas en donde la Amenaza se presenta como baja, se debe a que en estos sitios no se identifico ninguna actividad que pudiera generar cargas potencialmente contaminantes.

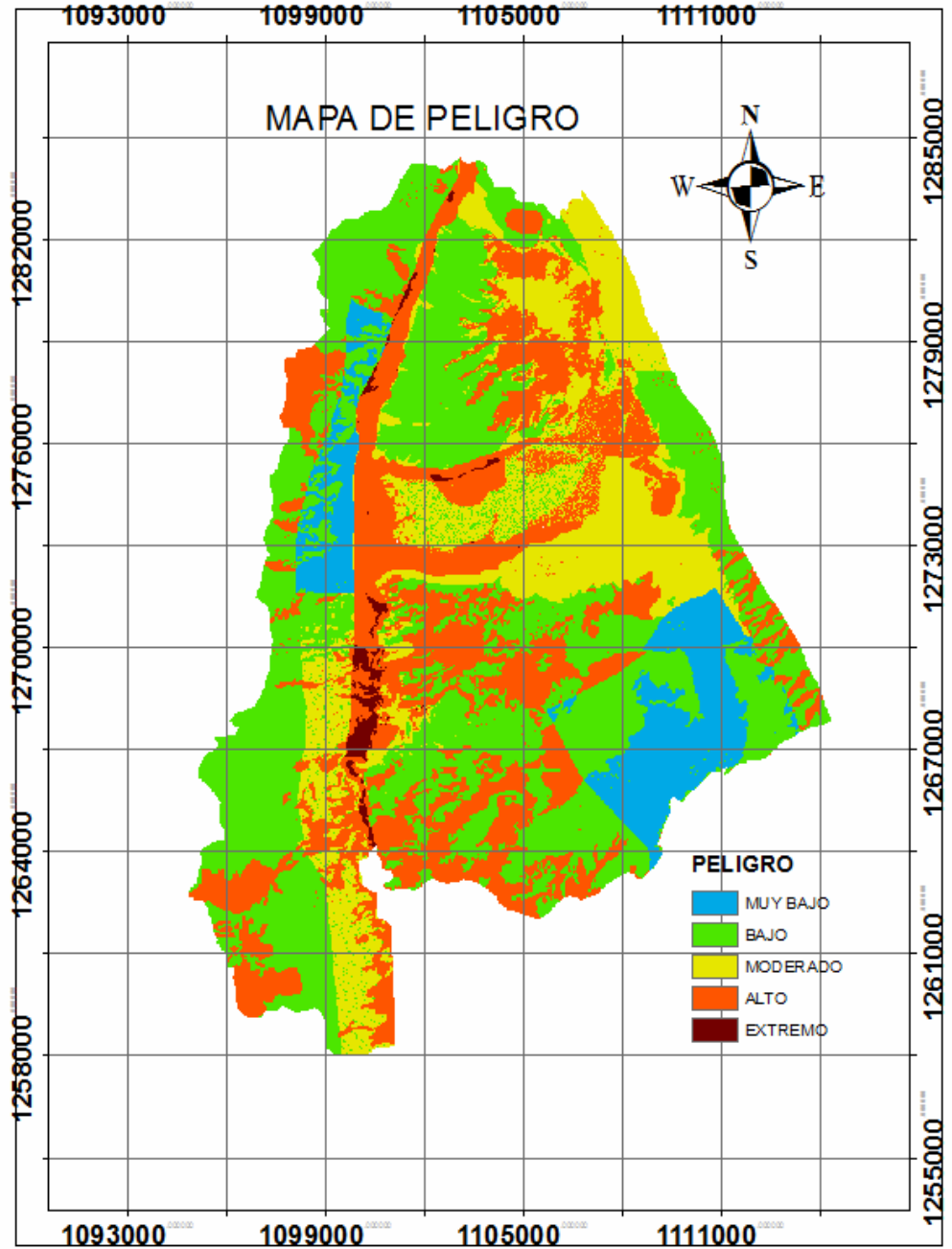
### **3.2.2 Mapa de Peligro**

El mapa de peligro se realizo mediante la interacción o superposición entre los mapas de Vulnerabilidad y Amenaza. El mapa de vulnerabilidad tomado, fue realizado mediante la metodología GOD (Camargo, L. y González, j.(2010)), debido a que en este se logra ajustar mas a la vulnerabilidad presentada en la zona, ya que puede tomar valores de profundidades acorde a las que se presentan en esta. El ajuste realizado para la clasificación del peligro se hizo mediante la adaptación de la matriz de peligro (Betancur, T. (2008)). Como se observó en la *figura 3.1*.

En la *Figura 3.5* se observa el mapa de peligro de la zona aluvial de Bucaramanga, mostrando las zonas en donde se divisa mayor peligro. El mapa

esta en coordenadas Magna-Sirgas, a escala de 30 m por pixel y se encuentra en formato RASTER.

Figura 3.5 Mapa de Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas la zona aluvial de Bucaramanga.



En el mapa de peligro se obtuvo categorías que van desde un Peligro Extremo, hasta un Peligro muy bajo.

Las zonas en donde el peligro que se obtuvo está en la categoría muy baja, se debe a que en esos lugares, eran acuíferos confinados por lo que la vulnerabilidad de estos sitios se encuentra en un índice muy bajo.

Aunque la percepción de las zonas en donde el peligro se considera extremo, es difícil o casi no notable, es necesario considerar estas zonas ya que en estas el contaminante que genera este peligro es capaz de trasladarse o regarse por debajo del acuífero es posible que la zona de peligro de estas zonas llegue a ser mucho mayor de lo que se logra presentar en el mapa.

Como se mencionó anteriormente en el Mapa de amenaza (numeral 4.1), solo se realiza este mapa para aquellos sitios en donde se identificaron actividades generadoras de amenaza, por medio de las entidades, es muy probable la existencia de otros sitios generadores de peligro, que no estén ubicadas en el mapa realizado.

## 4 CONCLUSIONES

- A partir de la aplicación de metodologías universalmente conocidas y aplicadas tanto en el país como en otros países (Vulnerabilidad, amenaza, peligro) para el manejo del recurso hídrico subterráneo, y de la información disponible (CDMB, EMPAS) en la zona de estudio (zona baja de la cuenca del Rio Lebrija, entre cotas 660 y 1100 msnm) se obtuvieron los mapas de amenaza y peligro a la contaminación de este recurso. Los productos se entregan en sistemas de información geográfica ARCGIS9, en escalas de trabajo de 1:25.000.
- la mayor parte de la amenaza en la categoría Alta que fue encontrada en la zona, es generada por los cultivos agrícolas que se encuentran en esta. Por ende se debería tener más cuidado o realizar un chequeo más general acerca de la utilización de fertilizantes y plaguicidas.
- Los resultados obtenidos en los productos finales, tanto como para la amenaza y el peligro, pueden no tener una precisión exacta en la ubicación de las actividades contaminantes, ya que para la mayoría de estas, la entidad encargada del suministro de información (CDMB), no poseía las ubicaciones exactas de estas mismas, por ende muchas fueron ubicadas aleatoriamente por veredas, o ubicadas por sitios o lugares cercanos en donde se podían encontrar.
- las actividades que se identificaron como los mayores puntos de Amenaza, fueron el del relleno sanitario, *el Carrasco*, ubicado en el municipio de Girón, y las concesiones de agua, de consumo humano en las

cuales por accidentes ambientales están propensos a la caída de excrementos de animales o cualquier otra fuente que contenga nitratos.

- Los mapa de amenaza y peligro, se realizaron solo con la información suministrada por las entidades, en su gran parte la **CDMB**, sin tener en cuenta la existencia de otras actividades que pueden generar contaminación y no estar registradas en estas.
- Por ser la primera vez que se realiza este estudio para la zona, fue necesario la adaptación de clasificaciones (como en el caso de la Amenaza), de estudios ya realizados en otras zonas del país.
- El estudio de contaminación del recurso hídrico subterráneo, se realizo debido a que este, es una fuente de uso en todos los campos de actividades, ya sea para uso domestico, de irrigación o industrial, como lo es ahora y lo será en el futuro.

## **5 RECOMENDACIONES**

Los productos obtenidos, mapa de amenaza y peligro, deben optimizarse con información de mejor calidad, en la cual ya se tenga referencia espacial exacta de todos los puntos de contaminación, y donde se halla realizado un inventario más actualizado y completo de dichas actividades.

Los resultados obtenidos en cada producto, deben ser aplicados a la hora de realizar planes de prevención y control en las fuentes de contaminación en donde la amenaza y el peligro estuvieron en rangos entre moderado y alto , teniendo un especial cuidado para aquellas zonas o puntos el peligro se encontró en la categoría extrema.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial; Protección de la calidad del agua subterránea; 2002-2006.
- Camargo, L; González, J; Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en la zona aluvial de Bucaramanga; 2010.
- Carrillo, R; Soto, F; Comportamiento isotópico de las aguas lluvias en la cuenca superior del Río Lebrija; 2009.
- CEPIS, (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria); Contaminación de las aguas subterráneas; 1987.
- CEPIS, (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria); Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; 1991.
- DANE, (Departamento Administrativo Nacional de Estadística); Datos población de municipios del área metropolitana de Bucaramanga. 2010
- Espinoza, J; Evaluación de impacto ambiental de un cementerio tipo parque ecológico, 2001.
- Foster, S; Hirata, R; Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; una metodología basada en datos existentes, 1988.
- Gaviria, J.I; Identificación y clasificación de fuentes potenciales de contaminación del acuífero libre del bajo cauca antioqueño; 2005.

- Gaviria, J.I; Betancur, T.; Avances metodológicos para evaluar el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, 2007.
- INGEOMINAS; Memoria explicativa de la investigación geológica e hidrogeológica en el macizo de Santander, 2007.
- Massone, H.; Vulnerabilidad de acuíferos e impacto y riesgo de contaminación.
- OMS; Organización mundial de la salud; Guías de la calidad del agua para consumo humano, 3era Edición.
- Rueda, M. & Ángel, J. Propuesta metodológica preliminar para calificar la *carga contaminante* al subsuelo en un acuífero libre, 2004.
- Vrba Y Zaporozec,. Guidebook on mapping groundwater vulnerability international association of hidrogeologists. Vol. 16 ISBN 3-922705-97-9, 1994.

# ANEXOS

**ANEXO 1 Vertimientos Alcantarillados.**

VERTIMIENTOS EMPAS								
TRAMO	CORRIENTE	ID	VERTIMIENTO	SISTEMA	TRATAMIENTO Y TIPO	PUNTOS	CAUDALES (L/S)	
		No						
Río Frio	Río Frio	1	By pass PTAR Río Frio	Río frio 1	no	2	69,69	
		2	PTAR Río Frio	Río frio 1	Si - Convencional		494,17	
		3	La Angelina	Río de oro-La marino	No	1	15,65	
Río de Oro RO4A a RO-01	Q. La iglesia	4	La Flora-Tejar-La salle	Río de oro-La marino	No	10	160	
		5	Nueva Granada - La Victoria	Río de oro-La marino	No		10,42	
		6	El macho- La Bomba	Río de oro-La marino	No		14,25	
		7	La Guacamaya	Río de oro-La marino	No		13,64	
		8	Manuela Beltrán - Ciudad veneceia	Río de oro-La marino	No		4,56	
		9	Ciudadela Sur - Barrio ]Bucaramanga	Río de oro-La marino	No		21,8	
		10	Diamante II - San Luis	Río de oro-La marino	No		163,94	
		11	El Porvenir	Río de oro-La marino	No		12,66	
		12	La Chocoita	Río de oro-La marino	No		1,34	
		13	La Esmeralda	Río de oro-La marino	No		50,21	
	Río de Oro	Río de Oro	14	Interceptor Río de oro Margen Derecha	Río de oro-La marino	No	5	76,47
			15	Interceptor Río de oro Margen Izquierda	Río de oro-La marino	No		42,37
			16	El Palanque	Río de oro-La marino	No		4,21
			17	El carrizal	Río de oro-La marino	No		9,45
			18	Zona Industrial Chimitá	Río de oro-La marino	No		8,4
		19	Q. La Rosita	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional	7	443,2	
		20	Q. La Joya	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		97,51	
		21	Q. Seca	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		62,48	
		22	Q. La Cuyamita	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		24,38	
		23	Q. Las Navas	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		72,9	
		24	Q. Chapinero	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		102,33	
		25	Q. La Picha	Mesera-Río de oro	Si - No Convencional		24,3	
		26	Villas de San Ignacio- Café Madrid I	Norte-Río de oro	No	2	16,09	
		27	Café Madrid II	Norte-Río de oro	No		2,4	
	Río Suratá SA-03 a SA-01	Río Suratá	28	Vegas de Morrорico Parte Alta	Norte-suratá	No	5	6,87
			29	Vegas de Morrорico Parte Baja	Norte-suratá	No		0,61
			30	Chitota	Norte-suratá	No		0,99
31			Barrio Nuevo- La escuadra	Norte-suratá	No	0,31		
32			Barrio las Delicias	Norte-suratá	No	0,29		
33			Emisario Suratá-Kennedy	Norte-Río de oro	No	1	71,13	

**FUENTE:** Empresa Pública de Alcantarillado de Santander

**ANEXO 2 Granjas Avícolas por Veredas**

<b>GRANJAS AVICOLAS</b>					
<b>VEREDA</b>	<b># GRANJAS</b>	<b>VEREDA</b>	<b># GRANJAS</b>	<b>VEREDA</b>	<b># GRANJAS</b>
Llanadas Lebrija	15	Llano grande	6	Casiano	2
Rio frio	5	Peñas	2	Chocoita	7
Lagunetas	3	Chocoa	2	Llanadas girón	2
Helechales	3	Barbosa	1	La venta	1
Guatiguara	12	Pajonal	3	Totumos	1
La esperanza mesa de rui.	5	Los colorados	4	El alto	1
Palogordo	9	Rosablanca	1	Corregidor	1
El volador	13	Valle de ruitoque	9	Las brisas	1
Ruitoque bajo	7	Acapulco	4	San francisco	1
la esperanza florida	2	Buenos aires	2	Mensuly	1
la esperanza girón	3	La aldea	1	El guamo	15
Palonegro	6	Carrizal	6		
Vericute	8	Ruitoque bajo	7		
la esperanza Piedecuesta	19	Pantano	4		

**FUENTE:** Inventario de granjas. CDMB

**ANEXO 3 Granjas Porcícolas por Veredas**

GRANJAS PORCICOLAS					
VEREDA	# GRANJAS	VEREDA	# GRANJAS	VEREDA	# GRANJAS
LOS CAUCHOS	9	CASIANO BAJO	9	PALOGORDO	3
CORREGIDOR	1	RUITOQUE BAJO	10	RUITOQUE BAJO	2
CARRIZAL	1	VERICUTE	5	QUEBRADA SECA	1
CHOCOITA	1	SANTA BARBARA	1	LLANO GRANDE	2
AGUADA DE SEFERINO	3	HELECHALES	1	FINCA SENA (GUATIGUARA)	1
LLANDAS	1	SAN MIGUEL	1	LA MATA	1
LLANADAS	1	MONTERREDONDO	3	LA ESPERANZA	1
PAJONAL	5	MENSULY BAJO	3	VIA AL ICP	2
GUAMO	3	GUAMO GRANDE	2		
VOLADOR	1	LOS COLORADOS	1		

**FUENTE:** Inventario de granjas. CDMB

#### ANEXO 4 Industrias en la ciudad de Bucaramanga

<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>Qeflue.(L/s)</i>	<i>TIPO CONTA.</i>
HARINAGRO S.A.	Elaboración alimentos para animales	1.03	Grasas y Aceites
ICOHARINAS LTDA	Elaboración de productos de molinería	0.068	Grasas y Aceites
FRESKALECHE S.A	Elaboración de productos lácteos	2.85	Grasas y Aceites
AVICAMPO	Producción, transformación y conservación de carne	10.17	Grasas y Aceites
DISTRAVES S.A.	Producción, transformación y conservación de carne	30	Grasas y Aceites
AVIDESA MAC POLLO S.A.	Producción, transformación y conservación de carne	1.67	Grasas y Aceites
PROCESAN S.A	Producción, transformación y conservación de carne	0.82	Grasas y Aceites
FRUTAS POTOSI LTDA.	Elaboración de alimentos de frutas y hortalizas	0.55	Bacterias
CENTRAL DE ABASTOS B/MANGA	Comercio al por mayor a cambio de una retribución	1.21	Bacterias
BAVARIA S.A	Producción de malta, cervezas y otra bebidas malte	23.4	Bacterias
EPAMINONDAS LOPEZ PRADA	Curtido y preparado de cueros	2.3	Metales Pesados
INSERCOL S.A.	Comercio al por menor de combustible para automotores.	0.34	Hidrocarburos
CONSORCIO HERSUCO-CASTILLA	Comercio al por menor de combustible para automotores	0.327	Hidrocarburos
ORGANIZACION TERPEL S.A.	Elaboración de productos derivados del petróleo, f	0.3	Hidrocarburos
EDGAR BASTOS BASTOS	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.46	Hidrocarburos
LYDA MARCELA BARRAGAN COMBITA	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.3	Hidrocarburos
COORDINADORA MERCANTIL	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.109	Hidrocarburos
MARCO ANTONIO NIÑO	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.45	Hidrocarburos
EMIRO ANAYA BASTO	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.45	Hidrocarburos
UNIDAD ESPECIAL DE AERONAUTICA	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	1.168	Hidrocarburos
ECOPETROL S.A	Invest. y desar. exp. en la ciencias nat e ingenie	1.44	Hidrocarburos
COMFENALCO	Actividades deportivas	0.245	Nitratos
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	Invest. y desar. exp. en la ciencias nat e ingenie	0.187	Nitratos
SENA	Educación no formal	0.165	Nitratos
EDUARDO NORIEGA ORTIZ	Alojamiento en residencias, moteles y amoblados	0.15	Nitratos
PENITENCIARIA DE ALTA Y MEDIANA SEGURIDAD DE GIRON	Actividades de la justicia	5	Nitratos

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Qeflue.(L/s)</b>	<b>TIPO CONTA.</b>
RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA	Actividades de la justicia	5	Nitratos
SALON DE ASAMBLEAS TESTIGOS DE JEHOVA	No asignada	0.1	Nitratos
FUNDACION JORGE OTERO DE FRANCISCO Y MA	No asignada	0.288	Nitratos
DESCONT S.A. E.S.P.	Eliminación de desperdicios y aguas residuales, sa	0.26	Nitratos
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	653	Cloro
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	500	Cloro
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	880	Cloro
TESICOL S.A.	Fabricación de cuerdas, cordeles, cables , bramant	0.2	Metales Pesados
CEMEX COLOMBIA S.A.	Fabricación de cemento, cal y yeso	0.93	Nitratos
CONDOMINIO HACIENDA SAN MIGUEL	Preparación de terrenos para obras civiles	0.99	Nitratos
CONSTRUCTORA M Y D - MARTINEZ Y DANGOND	no asignada	0.3	Nitratos

**FUENTE:** Inventario de Industrias. CDMB

**ANEXO 5 Concesiones de agua subterránea**

**COORDENADAS**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Q(L/s)</b>
1113304	1264413	RICARDO ARDILA LAVA. Y PARQUEADERO	Lavado de vehículos	0.1157
1100896	1275390	INSERCOL SA	Lavado de vehículos	0.0379
1100340	1273940	SERVICENTRO POBLADO CAR´S	Lavado de vehículos	0.0121
1100897	1273324	LUIS ULLOA	Lavado de vehículos	0.1389
1100325	1272957	CAROLINA MARTINEZ	Lavado de vehículos	0.0379
1107272	1267504	RAFAEL ORTIZ	Lavado de vehículos	0.1
1106739	1264627	RAMIRO ROJAS	Lavado de vehículos	2
1104572	1280882	LUIS HERNANDO ULLOA	Lavado de vehículos	0.0076
1105070	1279592	JOSE MANTILLA	Lavado de vehículos	0.0174
1106035	1279390	CENTRO LUBRI. LUBRITAXIS	Lavado de vehículos	0.0116
1105635	1278410	CASTRO E HIJOS Y CIA LTDA	Lavado de vehículos	0.0463
1105280	1279610	FRANKLIN GONZALES	Lavado de vehículos	0.0556
1105707	1278587	AQUILES MORENO	Lavado de vehículos	0.03
1105410	1278700	ESTACION. SER. LA UNION	Lavado de vehículos	0.0694
1114484	1261376	SANDRA FONSECA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	JUAN CARREÑO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	ROSA INES MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CARMEN ALICIA GOMEZ	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	COOMULTRASALUD	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CARLOS RUIZ VALDIVIESO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	RAFAEL JARAMILLO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	LUIS CARLOS VILLAMI. Y CIA	Consumo humano	0.0172

**COORDENADAS**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Q(L/s)</b>
1114484	1261376	PEDRO HERNANDEZ ABRIL	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	FRANCISCO CASTILLO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	OLGA LUCIA MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	BEATRIZ PINTO MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CLAUDIA INES PINTO MANT.	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	OLGA RUEDA DE MARTINEZ	Consumo humano	0.0172
1100755	1277892	FRESKALECHE	Consumo humano	0.6
1111041	1257367	LUIGI GIUSEPPE	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2867
1110157	1259263	YERNOS & CIA	Consumo humano, abrevadero	0.081
1112521	1258455	GUILLERMOS LANCHEROS	Consumo humano, abrevadero	0.0955
1111007	1270051	URBA. DAVID PUYANA	Consumo humano, riego	0.7
1108348	1267681	ANDRES JOYA	Consumo humano, riego	0.0203
1113960	1252960	JOSE DEL CARMEN PEÑA	Consumo humano, abrevadero	0.0443
1113960	1252925	MARGARITA CACERES	Consumo humano, abrevadero	0.0167
1113960	1252925	LUCILA PEÑA	Consumo humano, abrevadero	0.05
1113680	1253038	ALFONSO LIZARAZO	Consumo humano, riego	0.0245
1115946	1253176	HUMBERTO SANCHEZ	Consumo humano, abrevadero	0.0608
1116454	1254751	CONJ. CAMPESTRE BELTRAN DE ARIAS	Consumo humano, riego	0.2637
1113570	1252520	FRANCISCO PEÑA	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1849
1113513	1261270	ELKIN F. RODIRGUEZ	Consumo humano, riego	0.2888
1095253	1279728	NESTOR DOMINGUEZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.25
1089500	1283390	ASOCIACION AGRICU. CUSAMAN	Consumo humano, abrevadero, riego, piscicu.	2.1875
1092643	1279757	LIGIA MOTTA DIAZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1355
1099660	1282492	JUAN PARRA DOMINGUEZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1317
1099303	1281929	JOSE ORLANDO TORRES	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2756

FUENTE: Inventario Concesiones de Aguas Subterráneas. CDMB

**COORDENADAS**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Q(L/s)</b>
1098860	1282670	ORLANDO BAYONA	Consumo humano, abrevadero, riego	0.5411
1106269	1267447	LUIS DURAN IZQUIERDO	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2
1106362	1266949	GLADYS VARGAS	Consumo humano, abrevadero	0.113
1103500	1273095	PREVESA LTDA	Riego, uso industrial	0.3831
1103980	1271291	INVERSIONES JV LTDA	Abrevado, riego	0.6979
1100778	1268681	FERNANDO DIAZ CAICEDO	Consumo humano, abrevadero	0.2699
1103985	1267277	GLORIA ISABEL PICO	Consumo humano, riego	
1109818	1272440	HOLCIM COLOMBIA	Riego, uso industrial	0.1592
1100755	1277892	FRESKALECHE	Consumo humano	0.6

**FUENTE:** Inventario Concesiones de Agua Subterránea. CDMB

**ANEXO 6 Estaciones de Servicio en el área metropolitana**

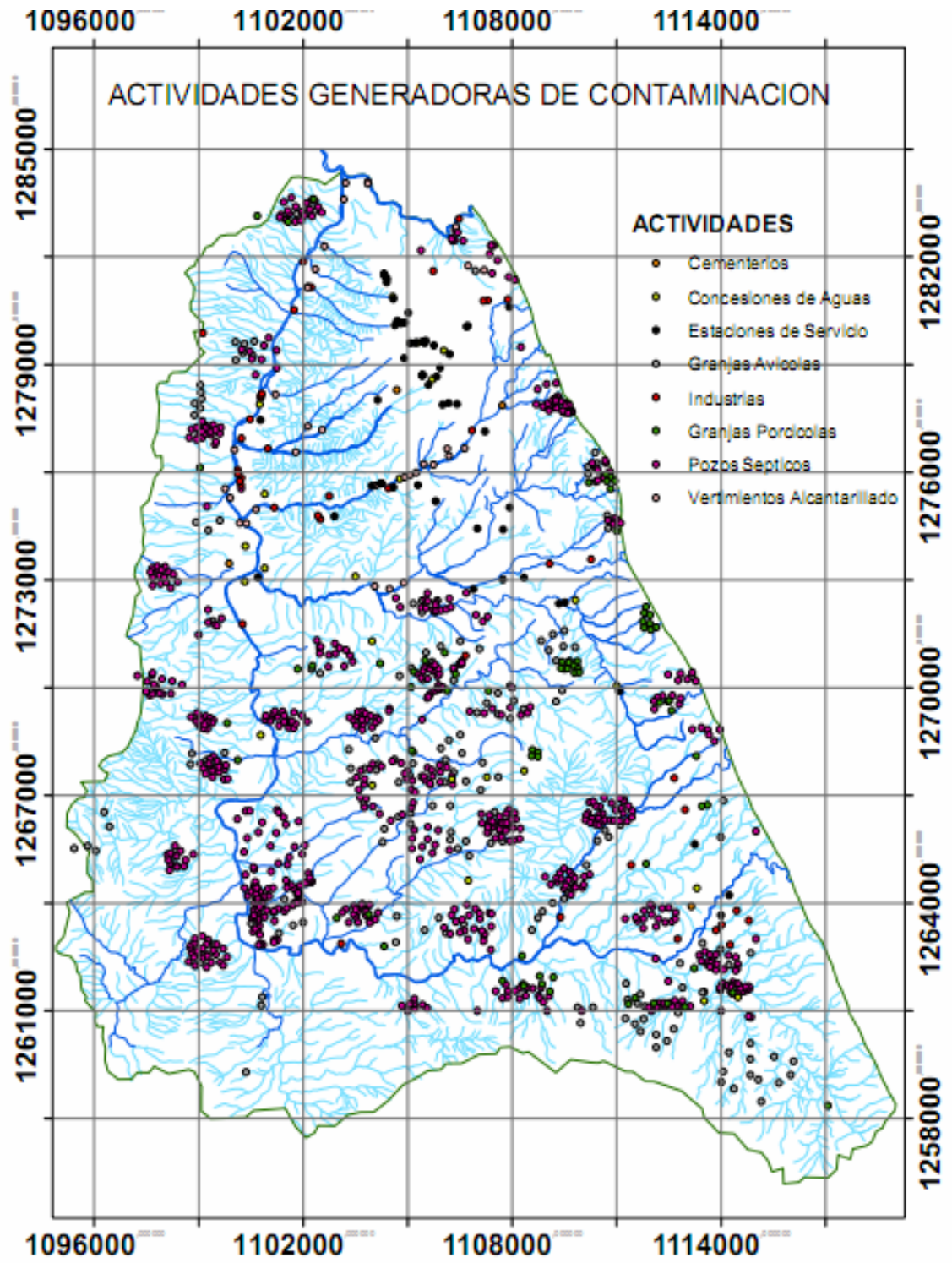
<b>ESTACIONES DE SERVICIO A COMBUSTIBLE LÍQUIDO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES	LA 21 Calle 21 Carrera 16
ESTACIÓN DE SERVICIO CARIBE	Carrera 15 3-17
ESTACIÓN DE SERVICIO CIUDAD BONITA	Av. Quebrada Seca 17-15
ESTACIÓN DE SERVICIO DEL NORTE	Km 1 Carretera A
ESTACIÓN DE SERVICIO EL LIBERTADOR	Carrera 15 20-78
ESTACIÓN DE SERVICIO LA AMERICANA	Calle 22 14-22
ESTACIÓN DE SERVICIO LA AURORA	Calle 32 33A-56
ESTACIÓN DE SERVICIO LA CONCORDIA	Carrera 14 48-09
ESTACIÓN DE SERVICIO LA HORMIGA	Carrera 15 11-07
ESTACIÓN DE SERVICIO DAGAR	Calle 31 21-45
ESTACIÓN DE SERVICIO LA BASCULA	Km 1 Vía Palenque
ESTACIÓN DE SERVICIOS LA VIRGEN	Carrera 15 3-28
ESTACIÓN DE SERVICIO LAS VEGAS	Km 4 Vía Girón
ESTACIÓN DE SERVICIO SANTA MARTA	Carrera 15 6-9
ESTACIÓN DE SERVICIO EL CENTRO	Carrera 14 No. 33 – 10
ESTACIÓN DE SERVICIO VIJAGUAL	Kilometro 8 Vía a Rio Negro
ESTACIÓN DE SERVICIO PUENTE LA CEMENTO	Kilometro 4 Vía al Mar
ESTACIÓN DE SERVICIO CAMPO HERMOSO	Carrera 10 No. 48 – 18
ESTACIÓN DE SERVICIO COTAXI	Carrera 19 No. 16 – 58
ESTACIÓN DE SERVICIO CENTENARIO	Av. Quebrada Seca No. 18 – 74
ESTACIÓN DE SERVICIO LA PARADA	Kilometro 2 Vía a Pamplona
ESTACIÓN DE SERVICIO TRANSCOLOMBIA	Carrera 15 No. 3 -65
ESTACIÓN DE SERVICIO LA FLORA	Trans. Oriental Metropolitana 89 – 02
ESTACIÓN DE SERVICIO CHAPINERO	Calle 5A No. 15 – 08
ESTACIÓN DE SERVICIO EL BUENO	Transversal Metropolitana 13B – 30
ESTACIÓN DE SERVICIO LA ISABELA	Calle 105 No. 16A – 32
ESTACIÓN DE SERVICIO ESTORAQUES	Kilometro 3 Vía Girón
ESTACIÓN DE SERVICIO SAN GABRIEL	Carrera 27 No. 58 – 35
ESTACIÓN DE SERVICIO REAL DE MINAS	Carrera 17C No. 56 – 10
ESTACIÓN DE SERVICIO EL TRIANGULO	Diagonal 15 No. 56 – 15
ESTACIÓN DE SERVICIO SOL DE ORIENTE	Calle 32 No. 33A – 10
ESTACIÓN DE SERVICIO EXICENTRO	Calle 45 con Carrera 17
ESTACIÓN DE SERVICIO LA UNIÓN	Carrera 17 con Calle 45

<b><i>E.D.S MIXTAS (COMBUSTIBLE LIQUIDO Y GNCV)</i></b>	<b><i>DIRECCIÓN</i></b>
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA LA ROSITA	Avenida la Rosita – Carrera 21
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA COLOMBIA	Calle 33 No. 24 – 05
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA EL PUENTE	Kilometro 4 Vía Rio Negro
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA LA 27	Carrera 27 Calle 37
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA CARRERA 21 – CALLE 30	Carrera21 – Calle 30
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA SERVISANTANDER	Calle 21 No. 17 - 24
ESTACIÓN DE SERVICIO MIXTA CENTRO ABASTOS	Km 3 Vía Palenque - Café

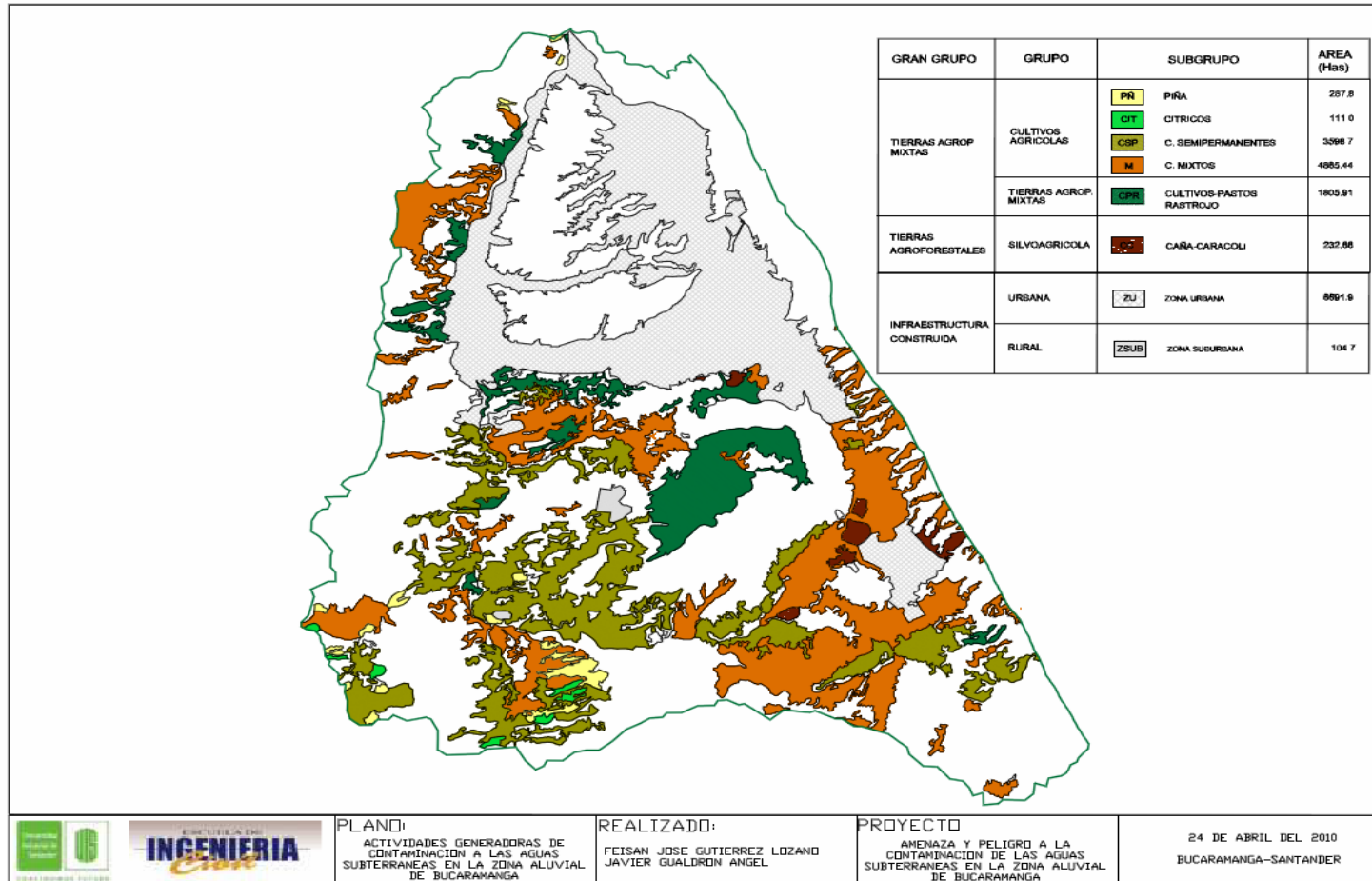
**FUENTE:** Inventario de Estaciones de Servicio. CDMB

**NOTA:** EL TOTAL DE ESTACIONES DE SERVICIO QUE SE ENCONTRARON OPERANDO EN EL AERA METROPOLITANA ES DE 51, EL RESTO SE UBICARON EN CAMPO.

ANEXO 7 Mapa de Actividades generadoras de contaminación puntual.



**ANEXO 8 Mapa de Actividades generadoras de contaminación difusa.**



FUENTE: Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del Rio de Oro (2005). CDMB