

**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO MATUTE  
COMO EL ELEMENTO PARA CONSIDERAR UN POSIBLE ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL**

**CARLOS ERNESTO BOTERO PAREJA  
LEONEL GUILLERMO GUARDO CASTAÑO  
GUSTAVO NIETO PARRA  
GERMAN FELIPE CASTAÑO RODRÍGUEZ**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
**MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Cartagena de Indias D. T. y C. Abril de 2008.

**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO MATUTE  
COMO EL ELEMENTO PARA CONSIDERAR UN POSIBLE ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL**

**CARLOS ERNESTO BOTERO PAREJA  
LEONEL GUILLERMO GUARDO CASTAÑO  
GUSTAVO NIETO PARRA  
GERMAN FELIPE CASTAÑO RODRÍGUEZ**

Director

**ARMANDO SARMIENTO**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Cartagena de Indias D. T. y C. Abril de 2008.

**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO MATUTE  
COMO EL ELEMENTO PARA CONSIDERAR UN POSIBLE ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL**

**CARLOS ERNESTO BOTERO PAREJA  
LEONEL GUILLERMO GUARDO CASTAÑO  
GUSTAVO NIETO PARRA  
GERMAN FELIPE CASTAÑO RODRÍGUEZ**

---

Calificador No. 1

---

Calificador No. 2

## **DEDICATORIA**

Dios por ser mi guía en esta etapa de mi preparación intelectual y permitirme realizar esta oportunidad que siempre fue un reto profesional, a mi familia por su apoyo y comprensión y en especial a mi hijo Jesús David que será siempre la inspiración y la luz de mi vida para salir adelante en la vida.

A mis compañeros de investigación por las enseñanzas, el apoyo personal y las experiencias vividas durante todo el tiempo compartido dentro y fuera de la maestría.

A todos los docentes y directivos de la Maestría por aportarnos sus conocimientos y generar muchas expectativas en nuestro futuro laboral y personal.

Gustavo

A Dios por bendecirme con amor, sabiduría y facilitarme las herramientas para alcanzar mis metas;

Al espíritu Santo, por ser mi guía frente a este gran reto;

A mis padres y hermana, por ser mi gran apoyo en este caminar;

A mi difunta abuela Rosa Albertina, que E.P.D por el amor que siempre me dio;

A mis compañeros, por toda la amistad que me brindaron y todo lo que aprendí de ellos.

A los docentes y directivas, por las experiencias y educación que nos transmitieron.

Leonel

A mi esposa Tania por haberme empujado a realizar este sueño, por su incondicional apoyo y por haber aguantado tantas horas a solas mientras me dedica a la Maestría.

A mis hijos Julieta y Ernesto que siempre me dan alegría y me hacen olvidar cualquier tristeza y aburrimiento sólo con ver sus caritas.

A mi Madre que siempre ha estado conmigo, siempre, aguantándome, apoyándome, aconsejándome y dándome su amor ilimitado.

A mis compañeros Germán, Leonel y Gustavo, pasamos dos años de altas y bajas pero el apoyo que nos brindamos consolidó una amistad inquebrantable.

Y a Dios por que sin su gracia no sería lo que soy hoy día.

Carlos Ernesto

A todas aquellas personas que directa e indirectamente contribuyeron en este importante paso de mi proyecto de vida.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar por su apoyo incondicional.

Germán

## **AGRADECIMIENTOS**

Contar con la colaboración de numerosas instituciones y personas quienes a lo largo de estos dos años de investigación nos nutrieron con sus conocimientos y saberes. Es por ello que los autores agradecen a todas esas personas que fueron anónimas hasta el momento de elaborar un inventario en nuestros apuntes y que relacionaremos en orden alfabético:

Al Profesor Armando Sarmiento por su dedicación incondicional

Al Doctor Diego González Cepeda quien estuvo siempre atento a nuestros logros y nos alentó siempre.

A La Doctora Patricia Martínez Barrios por su apoyo permanente.

A Tania Díaz Sabbagh que nos ayudó a darle forma coherente y lógica al documento final.

Al Profesor Luis Guillermo Baptiste por sus valiosos aportes a nuestra formación

Al Doctor Pedro Luis Mogollón por facilitarnos información y por el conocimiento inmenso que compartió con nosotros sobre toda la Área de la cuenca.

Nota de advertencia:

Artículo 23 de la Resolución No 13 de julio 13 de 1946: “La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado”

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
4. MARCO DE REFERENCIA.....	22
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	22
4.1.1 Calizas arrecifales de la Popa (T1).....	23
4.1.2 Depósitos Aluviales (Q3). .....	23
4.1.3 Cobertura Vegetal.....	24
4.1.4 Clima.....	27
4.1.5 Lluvias.....	28
4.1.5.1 Variación territorial. ....	28
4.1.5.2 Condición hidrológica del suelo.....	30
4.1.5.3 Caudales medios.....	30
4.1.5.4 Metodología de cálculo. ....	30
4.1.6 Clasificación hidrológica de la cuenca. ....	31
4.1.7 Análisis de la precipitación.....	31
4.1.8 Caudales medios en la cuenca. ....	33
4.1.9 Caudales máximos en la cuenca. ....	34
4.2 MARCO LEGAL .....	36
5. PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
5.1 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA.....	41
5.1.1 Estructuras Encontradas.....	43
5.1.2 Usos del Agua en la Cuenca. ....	44
5.1.3 Calidad del Agua. ....	44
5.2 ÁREA POTENCIALMENTE AFECTADAS CON LAS INUNDACIONES .....	45
5.3 IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA ACCIÓN DEL ARROYO DE MATUTE. ....	48
5.4 SOLUCIONES PROPUESTAS. ....	49
5.5 PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL .....	49
CONCLUSIONES .....	55
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de cobertura de la Cuenca .....	25
Tabla 2. Embalses en la Cuenca .....	25
Tabla 3. Tipos de Relieve .....	25
Tabla 4. Régimen multituannual de precipitaciones medias mensuales (1974 - 2002) .....	29
Tabla 5. Valor de CN para el área de la cuenca .....	32
Tabla 6. Precipitación efectiva media diaria (mm). Estación A.R.Núñez .....	33
Tabla 7. Caudal medio diario (m <sup>3</sup> /s).....	34
Tabla 8. Caudales Máximos (m <sup>3</sup> /s) .....	35
Tabla 9. Volúmenes de las crecidas máximas (Millones de m <sup>3</sup> ) .....	35
Tabla 10. Diagnóstico de estructuras vs Caudales esperados .....	44
Tabla 11. Identificación de represas de almacenamiento en la cuenca del .....	44
Tabla 12. Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua del arroyo matute .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de la Unidades litológicas .....	23
Figura 2. Coberturas de la Cuenca .....	26
Figura 3. Área de Influencia del Proyecto .....	41
Figura 4. Barrio San José de los Campanos .....	42

## ÍNDICE DE SECCIONES

Sección 1. Universidad de San Buenaventura.....	47
Sección 2. Entrada San José de los Campanos.....	47
Sección 3. Antena RCN Radio.....	47
Sección 4. Anillo Vial .....	48
Sección 5. Seminario.....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Encuesta realizada en el barrio San José de los Campanos .....	60
ANEXO 2. Encuesta realizada a los habitantes de la cuenca.....	64
ANEXO 3. Análisis del agua en las diferentes secciones clasificadas del Arroyo Matute.....	68

## **ABSTRACT**

The flood increasing in the Western South Zone neighbourhoods every year during the raining season due to the growth of the “Matute” stream causes a great amount of victims and numerous material losses; this problem has been trying to be solved for many years without any success since these floods are continued displaying.

A proposal to change the policies of territorial ordering of river basins based on the control techniques of surface run-offs which have been designed and used in other countries, it is shown here. With the application of these techniques it is tried to avoid the collapse of the hydraulic structures and the consequent floods of the neighbourhoods located underneath the river basin.

The research developed in the River basin of the “Matute” stream located in the zone of city-growth between the municipalities of Cartagena and Turbaco has been taken like case study, in order to demonstrate the viability of the proposal.

A study and a very complete characterization of the river basin will be done, and this will provide bases for the management proposal.

## **RESUMEN**

El aumento de las inundaciones en los barrios de la Zona Sur Occidental cada año en las épocas de lluvia por el arroyo Matute, deja una gran cantidad de damnificados y pérdidas materiales cuantiosas, este problema ha tratado de solucionarse desde hace muchos años sin ningún éxito ya que dichas inundaciones se siguen presentando.

Se presenta una propuesta para cambiar las políticas de ordenamiento territorial de cuencas basada en las técnicas de control de las escorrentías superficiales diseñadas y utilizadas en otros países. Con la aplicación de estas técnicas se pretende evitar el colapso de las estructuras hidráulicas y las consecuentes inundaciones de los barrios ubicados aguas debajo de la cuenca. La investigación desarrollada en la Cuenca del Arroyo Matute ubicada en la zona de conurbación de los municipios de Cartagena y Turbaco ha sido tomada como estudio de caso para demostrar la viabilidad de la propuesta.

Se hace un estudio y caracterización muy completa de la cuenca que servirá como base para la propuesta de gestión.

**Palabras claves:** Cuenca, Matute, Cartagena, Turbaco, Inundaciones, Lógica Percolación, Ordenamiento, Sostenible.

## INTRODUCCIÓN

El Arroyo de Matute, posee una longitud cercana a los 10 Km, brotando a la entrada de la zona noroccidental del municipio de Turbaco y baja por entre las fincas que se encuentran localizadas al lado derecho de la carretera Troncal del Occidente, en el tramo entre el municipio de Turbaco y el Distrito y Capital de la ciudad de Cartagena. En esa primera parte del recorrido de 5 Km., cruza la vía circunvalar que une la Troncal de Occidente y la carretera Cordialidad que pasa por detrás del Terminal de Transportes y llega hasta el borde externo del Barrio San José de Los Campanos. A continuación, inicia su recorrido aproximado de 3 Km. Por los Barrios San José de los Campanos, Ternera, pasa por el Campus de la Universidad de San Buenaventura, y el Recreo. Baja entre los Barrios Villa Rosita, las Palmas y llega hasta el frente al barrio Las Palmeras al borde de la carretera de la Cordialidad; la cual hace parte de la Troncal de Occidente que une a Cartagena con la capital del Departamento del Atlántico, Barranquilla. La última parte del recorrido, es decir los otros 2 Km. del Arroyo, transcurren por una zona de alta densidad de población pobre por entre los Barrios del sur de la Ciénaga de la Virgen en el costado oriental de Cartagena, (Urbanización las Palmeras y los Barrios Nuevo Porvenir, José Obrero, la Magdalena y Fredonia entre otros), hasta la desembocadura a 0 metros sobre el nivel del Mar Caribe en La Ciénaga de la Virgen<sup>1</sup>.

El arroyo de Matute, al igual que todos los arroyos y canales, en condiciones normales transportan las aguas lluvias. Hoy por hoy, estos, están presentando disminución en su cauce por las invasiones humanas asentadas en sus orillas, el vertimiento de residuos sólidos, además del incremento del caudal de escorrentías debido al cambio de usos del suelo, la tala indiscriminada de árboles y el deterioro ambiental de sus cuencas<sup>2</sup>.

Es así como las comunidades de los barrios de la Zona Sur Occidental, de Cartagena, por donde hace su recorrido el arroyo de Matute, han sentido con el transcurrir de los años el incremento de los problemas de las inundaciones ocasionados por el desbordamiento de los arroyos y canales que conducen las escorrentías de las aguas lluvias hacia la Ciénaga de la Virgen.

---

<sup>1</sup> SÁNCHEZ, R. Luís Fernando. El Arroyo de Matute, eje ambiental de la universidad y pedagógico de la didáctica ambiental. [www.usbctg.edu.co/documentos/iea\\_artbrocal02.pdf](http://www.usbctg.edu.co/documentos/iea_artbrocal02.pdf). 2003.

<sup>2</sup> CALDERÓN, Carrascal Gustavo. Caracterización Bio-Física del Arroyo Matute Turbaco – Bolívar (Colombia)

La expansión urbana ha venido degradando los ecosistemas naturales y ha acentuado los problemas de inundaciones en las partes bajas de las cuencas, debido a la pérdida de capacidad de infiltración del terreno.

Si se observa el ciclo natural del agua, se puede ver que es sencillo y que está perfectamente optimizado. Parte del agua de precipitación es recogida por las plantas antes de que toque suelo, el resto, una vez en el suelo, satisface la capacidad de campo del terreno antes de producir escorrentía superficial y subsuperficial que alimenta nuestros ríos. El agua se depura de manera natural en ríos, lagos y humedales o infiltrándose y alimentando los acuíferos. Sin embargo, el ciclo urbano del agua es totalmente distinto. El agua antes de llegar al suelo ya está contaminada al arrastrar las partículas en suspensión en la atmósfera contaminada.

En la ciudad no hay cúpula vegetal de interceptación, además, la mayoría de las superficies son impermeables y no tienen capacidad de amortiguación, por lo que el agua corre rápidamente por canales y pavimentos, concentrándose en muy poco tiempo en los sistemas de alcantarillado. Por otro lado, dado que en las zonas urbanas no se produce infiltración, los acuíferos situados bajo las ciudades no son recargados, dando lugar a acuíferos confinados, en los cuales el agua se encuentra a presión entre capas impermeables, de modo que si se extrae agua no queda ningún poro vacío, sólo se disminuye la presión del agua que colabora con la sustentación de todos los materiales, pudiendo en casos extremos, llegar a producirse asentamientos del terreno<sup>3</sup>.

El Arroyo de Matute nace de corrientes de agua subterránea alimentadas del régimen pluvial de mayo a noviembre. El cual por ser un cuerpo de agua natural, se encuentra bajo el régimen del Código Nacional de los Recursos Naturales, y por tener su nacimiento en el municipio de Turbaco y recorrer un área importante del Distrito de Cartagena de Indias, es considerado un elemento integral del medio ambiente que merece la protección y cuidado de todas las entidades ambientales y de la comunidad en general y de conformidad con lo establecido en la ley 99 de 1993, la competencia para ello la tiene la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, CARDIQUE. Igualmente, para su manejo se debe tener en cuenta además la ley 373 del 6 de Junio de 1997 que establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua<sup>4</sup>.

Este cuerpo de agua lótica, por la altura del lugar y la abundancia y calidad del agua, durante la historia de Cartagena fue propuesto muchas veces como base

---

<sup>3</sup> Los acuíferos. Aspectos generales. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsapi/fulltext/perforacion/cap1.pdf>.

<sup>4</sup> SÁNCHEZ, R. Luís Fernando. El Arroyo de Matute, eje ambiental de la universidad y pedagógico de la didáctica ambiental. [www.usbctg.edu.co/documentos/iea\\_artbrocal02.pdf](http://www.usbctg.edu.co/documentos/iea_artbrocal02.pdf). 2003.

del acueducto de la ciudad, desde sus años iniciales con proyectos como los de 1535 de Juan de Vadilla, 1557 de Alfonso Álvarez y en 1576 durante el gobierno de Pedro Fernández de Bustos, pero nunca se llevaron a cabo. Fue en el siglo XX, en 1907, cuando se puso en funcionamiento bajo la administración local de Henrique L. Román, en el gobierno presidencial del General Rafael Reyes. Este acueducto surtió a Cartagena por muchos años, después de pasar cuatro siglos de escasez, cuando el suministro de agua se hacía mediante aljibes que almacenaban el agua captada durante el periodo de lluvias, y permitió el desarrollo de numerosos barrios fuera del sector amurallado, como los barrios del Pie de la Popa, Camino Arriba y Camino Abajo<sup>5</sup>.

La cuenca del arroyo tiene un área de 2,834.6 Hectáreas de las cuales 1,300 Hectáreas corresponden a la cuenca rural, compartida entre el Distrito de Cartagena y el Municipio de Turbaco, con una gran biodiversidad, principalmente en el nacimiento de las dos fuentes principales de aguas subterráneas, ubicadas en el Jardín Botánico Guillermo Piñeres, con un total de 9 hectáreas de bosques protegidos.

Es sabido que el agua es un recurso cada día más escaso, y puede ser don de vida o de muerte según pueda el hombre aplicar sus conocimientos para manejarla<sup>6</sup>.

En la cuenca objeto de esta investigación, millones de litros de agua apta para consumo humano, corren hasta mezclarse con las aguas salobres contaminadas de la Ciénaga de la Virgen.

Miles de personas de estratos bajos que son inundados por estas aguas en la época invernal, no cuentan con el servicio de acueducto debido a sus bajos ingresos, lo que les impide pagar la tarifa por metro cúbico más alta del país, tarifa que es el resultado de la necesidad de conducir por más de 50 kilómetros –desde el Canal del Dique hasta la planta de tratamiento ubicada en Cartagena- y de allí conducirla 15 kilómetros más, para ser llevada hasta los barrios ubicados en la zona Sur Occidental de la ciudad. A esto es necesario sumar los costos de los químicos necesarios para tratar el agua proveniente del río Magdalena, considerado como la cloaca de medio país<sup>7</sup>.

Para solucionar la problemática que se presenta en estos sectores (inundaciones, falta de agua potable), se debe cambiar la mentalidad acerca de la manera de manejar dicha situación. Si se hace una labor de gestión de la cuenca y en unión

---

<sup>5</sup> ZABALETA, L. Alberto, 1992, Turbaco en la Historia.

<sup>6</sup> RINCÓN, Andrea Griselda. El Agua: recurso vital. [www.oei.org.co/fpciencia/art20.htm](http://www.oei.org.co/fpciencia/art20.htm)

<sup>7</sup> Universidad Nacional de Colombia. Plan de Ordenamiento y Manejo Integral. Bogotá, 2002. [cormagdalena.com.co/nuevaweb/POMIN\\_Oct21\\_03/EN%20LA%20WEB/PARA%20PUBLICAR\\_2/Políticas.pdf](http://cormagdalena.com.co/nuevaweb/POMIN_Oct21_03/EN%20LA%20WEB/PARA%20PUBLICAR_2/Políticas.pdf)

de propietarios de la cuenca alta y de los habitantes de la cuenca baja, se pueden obtener soluciones benéficas para ambas partes, dado el aprovechamiento de las aguas,

Varios investigadores de otros países han sugerido alternativas para manejar y retardar, asociadas a sistemas involucrados en el desarrollo sostenible aplicados al drenaje urbano y rural, tomando forma en un conjunto de medidas e instalaciones que pretenden el desarrollo urbano minimizando los problemas asociados al ciclo del agua en la ciudad y el campo, ya que además de mejorar el control y la calidad de la escorrentía superficial ofrece un servicio a la comunidad: economía, paisaje y naturaleza. Estas técnicas se conocen con los nombres de Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) o Best Management Practices (BMPs), y están directamente relacionadas con el diseño de almacenamientos, sistemas de retardo, liberación controlada, parques y jardines<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> CASTRO, Fresno Daniel; RODRÍGUEZ, Bayón Joseba; BALLESTER, Muñoz Francisco. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). Venezuela. 2005. [redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33910403.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33910403.pdf)

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El crecimiento desordenado y desmedido de la ciudad de Cartagena de Indias ha traído como consecuencia problemas ambientales en muchos frentes, como resultado de la ausencia de una adecuada política de planificación urbana, el mal uso de los recursos naturales, evidenciándose el uso del arroyo como recurso paisajístico, donde el arroyo hace parte del patio trasero de las viviendas a donde se envían las basuras por falta de un sistema de recolección ordenado en el sector; la explotación sin ninguna consideración del Manejo Sostenible, desconociendo los valores como sistema útil, y los servicios que presta, utilizándolo como fuente productora de agua para las fincas y las orillas utilizadas en actividades de construcción sin tener en cuenta el uso sostenible, restaurando mediante el retorno de las aguas el cauce de forma limpia, mediante el tratamiento de las aguas usadas y la reforestación de las orillas, después del aprovechamiento forestal.

El Arroyo de Matute está generando un problema de salubridad que va en contra de la justicia, la equidad social y la responsabilidad Constitucional del Estado que debe brindar las condiciones mínimas de vida y la corresponsabilidad de la comunidad.

Con una de las mejores Legislaciones en materia ambiental y a nivel Internacional; nuestra Constitución Nacional tiene un fuerte componente ambiental. Sin embargo, los resultados de las acciones de las entidades ambientales fundamentadas en toda la normatividad, no han logrado estar al nivel que exige la actual problemática ambiental que estos casos requieren.

Uno de los problemas ambientales de la ciudad es la inundación que genera el crecimiento del arroyo Matute en las épocas de lluvias en el barrio San José de los Campanos, caso que nos ocupa en esta investigación, ya que las acciones que se han implementado por parte de la administración Distrital para la solución de este problema no sólo no lo han corregido sino que lo han agravado, ante el mal manejo del Arroyo y la falta de aplicación de correctivos técnicos, dando como resultado un Sistema Natural totalmente degradado.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué elementos se deben tener en cuenta en la caracterización hidrológica de la cuenca del arroyo Matute, para considerar un posible ordenamiento territorial y así prevenir las inundaciones que causa este arroyo en el Barrio San José de los Campanos, en la época invernal?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El deterioro de la calidad ambiental del Arroyo de Matute, la disminución del agua, ya que se nota pérdida de líquido en ciertos sectores, por la extracción ilegal; la erosión de orillas con arrastre de sedimentos que se colmatan en las partes bajas, la degradación del sistema que se incrementa a medida que el Arroyo avanza en su recorrido; el olor pestilente sobretodo en sus últimos kilómetros; el volumen de basuras que corre por sus aguas, incrementándose a medida que avanza el Arroyo por los barrios mas densamente poblados; el exceso de algas y especies de larvas y animales indicadoras de contaminación; la falta de especies que denotan buena calidad del agua y la disminución general de la vegetación propia de las orillas del arroyo, son las bases para que posterior a un análisis de todos estos aspectos y seguimiento al fenómeno de la creciente del arroyo Matute, se plantea una propuesta de gestión integral del mismo, con el propósito de ofrecer una solución sostenible ambientalmente, que evite las inundaciones sobre los barrios de la zona Suroriental de Cartagena, más específicamente el barrio San José de los Campanos y además permita un aprovechamiento de las aguas pluviales.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar alternativas de manejo para minimizar los efectos de crecientes del Arroyo Matute en el barrio San José de los Campanos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterización Hidrológica de la Cuenca.
- Identificar las áreas potencialmente afectadas.
- Determinar la transformación de la cuenca y el cauce del arroyo.
- Analizar los Impactos.
- Evaluar Soluciones.
- Seleccionar las alternativas posibles.
- Establecer un plan de Gestión.

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

Desde el punto de vista geológico, la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de La Virgen, en la cual se encuentra la cuenca del Arroyo Matute, hace parte del llamado Cinturón del Sinú, situado en la provincia tectónico-sedimentaria más al norte del nor-occidente colombiano (Duque & Caro, 1971). Son terrenos de sedimentación marina bajo aguas profundas y someras, cuya edad varía desde el Terciario hasta el Cuaternario reciente.

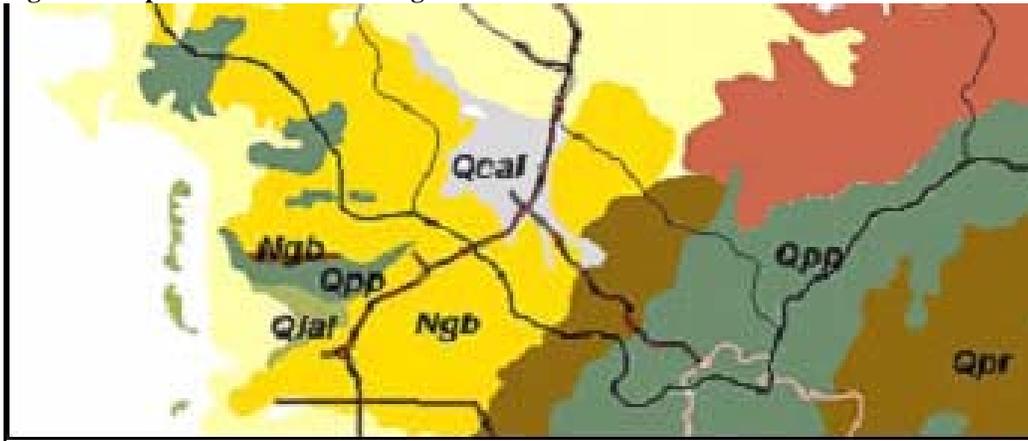
Los sedimentos terciarios a los que se les atribuye una edad Plioceno-Pleistoceno (Duque & Caro, 1971, en Ortiz. P. 1988), ocupan el sector oriental de la cuenca y están constituidos por una sucesión de areniscas, arcillolitas, conglomerados, calizas coralinas y lutitas interestratificadas, que aparecen alteradas, plegadas en superficie y diaclasadas como resultado de diferentes fases de emersión y deformación en el curso del Cenozoico, así como de eventos climáticos. Se han interpretado como depósitos de un ambiente epicontinental de profundidades menores de 200 metros.

Los depósitos cuaternarios ocupan la parte centrooccidental de la cuenca y están constituidos por materiales finos a gruesos de origen marino, fluviomarino y coluvioaluvial, donde dominan las gravas, arenas, arcillas, limos y corales en espesores de hasta 4.000 metros, que se encuentran suavemente deformados y con inclusiones de calizas arrecifales.

En cuanto a la litología, Ingeominas (1999) presenta una clasificación al nivel de formaciones representativas en la zona indicando la distribución y el tipo de materiales, pero no es muy clara en su representación cartográfica. Por su parte, Huguett, A. (1988), en su estudio sobre la hidrogeología de los departamentos de Atlántico y Bolívar, propone una clasificación en unidades litológicas con base en los estudios de Caro et al, (1985) y su representación cartográfica y nomenclatura es la de mayor uso en la región.

Para este estudio se utilizó la clasificación de Huguett, pero se incluyen las referencias pertinentes a la clasificación de Ingeominas (1999). A continuación se describen brevemente las unidades litológicas reportadas de la más antigua a la más joven. En la figura 1 se pueden observar las unidades de la clasificación hecha por Ingeominas (1999), las cuales son referenciadas a lo largo de los diferentes capítulos de este documento.

**Figura 1 Mapa de la Unidades litológicas**



Fuente: Ingeominas 1999(Mod)

#### **4.1.1 Calizas arrecifales de la Popa (T1).**

En el área de la cuenca afloran en el casco urbano de Turbaco y sus alrededores N y NW de la población. En Cartagena su mayor expresión es el cerro de La Popa. Se compone de calizas arrecifales, arenisca calcárea fosilífera y arcillosita. Las calizas y las areniscas se encuentran algo fracturadas y presentan fenómenos de disolución, siendo consideradas como rocas de porosidad secundaria. Su espesor máximo es de 100 metros y se depositó en un ambiente marino somero en el post Plioceno superior – Pleistoceno.

Esta unidad es incluida en la Formación la Popa Qpp por Ingeominas (1999), que se presenta localmente como bloques aislados, diseminados en los territorios de estos municipios, incluyendo a Turbana. La formación alcanza los 100 m de espesor en la zona de estudio y está conformada por bancos de calizas arrecifales de 3 a 4 m de espesor y color amarillo crema, localmente muy compactas y areniscas calcáreas pardo amarillentas con delgadas capas de arcillositas calcáreas de colores grises y amarillos. Hacia la parte superior y dependiendo del grado de meteorización, las calizas presentan aspecto terroso y poroso.

#### **4.1.2 Depósitos Aluviales (Q3).**

Huguett (1988) identifica con este nombre a todos los depósitos de origen aluvial que se encuentran asociados en las márgenes de los arroyos actuales. En el área de la cuenca está presente en toda la planicie aluvial conformada por la red de drenaje pluvial en la parte baja de la cuenca, al costado oriental de la ciénaga. Se compone de sedimentos del tamaño lodo, arena y grava con algunos contenidos de fósiles recientes y retrabajados. En general su espesor varía de 5 a 10 metros,

con excepción de las planicies vecinas al norte, en el departamento del Atlántico, donde las profundidades pueden alcanzar los 40 metros.

Ingeominas (1999) clasifica esta unidad como depósitos cuaternarios Qcal y Qlc y la define como una cobertura de materiales de origen fluvial distribuida en la planicie baja de la cuenca, constituida por depósitos de llanura aluvial, asociados a los drenajes mayores que presentan una morfología aterrazada y constituidos de arenas y arcillas, localmente con lentes conglomeráticos. También aparecen como acumulaciones de lodo producto de las emanaciones en los volcanes de lodo.

Dentro de esta unidad Ingeominas (1999) incluye los depósitos de playa, los depósitos de manglar y ciénaga así como los de llanuras de inundación del canal del Dique, asociados a depósitos de barras puntuales antiguas y recientes, y de cuencas de decantación, unidades que son clasificadas por Huguet (1988) como Unidad de Depósitos de Playas Q1, adicionando a la composición de los materiales restos de conchas y bivalvos y con espesores no mayores de 5m.

#### **4.1.3 Cobertura Vegetal.**

Corresponde a la cuenca del arroyo Matute, y tiene una superficie de 2834.60 ha (Tabla 1). El relieve plano y el relieve quebrado, de lomas y colinas, ocupan de manera mayoritaria el área de la zona. Se identificaron 19 embalses (Tabla 2) con un área ocupada de 33.5 ha, localizados en su mayoría sobre el terreno quebrado.

**Tabla 1. Tipos de cobertura de la Cuenca**

<b>Cobertura</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>%</b>	<b>Unidades</b>
Bosque	102.90	3.63%	2
Parque bosque	74.90	2.64	1
Bosque Ripario	147.40	5.20%	3
Cultivo inundación	0.00	0.00%	0
Caños	4.50	0.16%	1
Cantera	14.00	0.49%	1
Manglar	0.00	0.00%	0
Núcleo Urbano	750.00	26.46%	2
Pastos	132.90	4.69%	1
Pastos aa	397.00	14.01%	1
Pastos Ad	358.00	12.63%	2
Parque arbolado	265.80	9.38%	3
Pastos pantano	0.00	0.00%	0
Pastos sh	0.00	0.00%	0
Rastrojo	365.00	12.88%	2
Rastrojo Acl.	26.00	0.92%	1
Arbustales	118.40	4.18%	1
Urbano	77.80	2.74%	1
<b>Total</b>	<b>2834.60</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: Conservación Internacional, 2004

**Tabla 2. Embalses en la Cuenca**

<b>Relieve</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Unidades</b>
Plano	4.50	3.000
Quebrado	29.00	16.00

Fuente: Conservación Internacional, 2004

**Tabla 3. Tipos de Relieve**

<b>Relieve</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>%</b>
Escarpe	89.80	3.17%
Espinazo	34.30	1.21%
Lomas y colinas	857.60	30.25%
Plano	1519.40	53.59%
Plano ondulado	334.20	11.79%
<b>Total</b>	<b>2835.30</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Conservación Internacional, 2004

Las partes más altas corresponden al escarpe de la meseta de Turbaco, entre 190 y 210 msnm. Las partes planas y onduladas de la meseta están en su mayoría entre los 160 y 180 msnm. El sector plano está dominado por pastos y por terreno urbano de Turbaco (Tabla 3).



Huguett 1988, en su análisis hidrogeológico para toda el área al norte del Canal de Dique, concluye que este sector presenta las mayores posibilidades de infiltración de agua; igualmente, en Turbaco hay dos unidades potencialmente acuíferas como son las calizas arrecifales del Popa y las areniscas de la unidad detrítica del Popa.

Este municipio presenta el depósito calcáreo arenoso con mayor desarrollo y su orientación morfológica hacia el noreste, al igual que el de Barú, puede coincidir con el arrecife durante su crecimiento. Apoyado con la información cartográfica de recarga hídrica para el sector (figura 2), se observa una franja con mayor grado o posibilidad de infiltración que concuerda con la franja de vegetación mencionada.

En la parte alta se encuentra en el borde de la meseta una cantera, más al sur, fuera de la cuenca, hay otros parches de mayor tamaño como la reserva de Colclinker, muy cercana al jardín botánico.

#### **4.1.4 Clima.**

De acuerdo con CIOH (1998), el clima regional se clasifica como tropical semiárido debido a la interacción de los fenómenos de la Zona de Convergencia Intertropical (CIT), los vientos Alisios, el paso de las ondas del este y la presencia de frentes fríos del hemisferio norte. Los desplazamientos de la CIT mueve masas de aire húmedas marinas y continentales, y genera condiciones de clima de tipo ciclónico alternas (lluvia - seco - nubosidad), siendo el principal regulador del clima en la región. Cartagena es una ciudad con una característica estacionalidad climática monomodal (Hazen & Sawyer, 1998, en Neotrópicos, 1999).

Los vientos Alisios tienen su origen en los centros de alta presión del norte y del noreste y su incidencia se siente con mayor intensidad entre diciembre y marzo, generando un tiempo anticiclónico (sol – cielo despejado – escasas lluvias). Las ondas tropicales del este migran de este a oeste con los Alisios, aumentando los vientos, la nubosidad y las precipitaciones entre junio y noviembre, y creando condiciones para formación de huracanes. Con los frentes fríos se originan vientos y trenes de olas sobre las costas que pueden producir marejadas de enero a abril (CIOH, 1998) y, excepcionalmente, en el mes de diciembre.

Para el análisis de este aspecto se revisó la información secundaria disponible en diversos estudios que se han realizado en la cuenca y se actualizaron los registros de las estaciones pluviométricas del área con base en información del Ideam.

Uno de los primeros estudios específicos sobre el clima de la cuenca fue realizado por Estinco Ltda. (1988) para Inderena, el cual consideró la información de 20 estaciones, tres de ellas dentro de la cuenca. Luego, Inderena contrató otro

estudio con Ingemaster Ltda. (1989) para reconocer la hidrología de la cuenca, en el cual se evaluó el clima con base en series de datos de 33 años (1955 – 1987) en 17 estaciones utilizando la metodología de las isoyetas. En la década de los años 90 Haskoning & Carinsa (1996) hizo una evaluación hidrológica de la cuenca de la Ciénaga de la Virgen, en relación con la modelación de la hidrodinámica de la ciénaga para los diseños de la bocana de marea estabilizada; en este estudio se analizaron 20 años (1974 – 1994) de registros diarios de 3 estaciones de la cuenca (Arespuerto Rafael Núñez, Bayunca y Cañaveral) y se caracterizaron las lluvias por el método de Thiessen; la estación A.R.Núñez está sobre la cabecera sur de la pista del aeropuerto, en el borde mismo de la ciénaga en su costado SW. La de Bayunca está en el corregimiento del mismo nombre, sobre la vía la Cordialidad, a unos 20 km al norte de Cartagena, y la de Cañaveral en jurisdicción del municipio de Turbaco, específicamente sobre la subcuenca del arroyo Hormiga.

También se revisaron, entre otros estudios, los realizados por el CIOH (1998) para Cardique y los realizados por Hazen & Sawyer y por Neotrópicos (1999) para el emisario submarino, que en la actualidad está construyendo Aguas de Cartagena (Acuacar) para el manejo de las aguas residuales de la ciudad.

Para actualizar la información contenida en los estudios antes mencionados se obtuvo información climatológica del Ideam de nueve estaciones ubicadas dentro y en los alrededores de la cuenca, consideradas de importancia en la evaluación del clima de la cuenca. Por el costado oriental se incluyó la estación de Repelón (Atlántico) para orientar la situación de borde en ese lado. Por el costado norte, la estación más próxima es la de Hibacharo, pero no se incluyó porque está muy lejana del área de estudio y en otro ramal del sistema orográfico de la serranía de Turbaco.

De otra parte, aplicando la metodología de clasificación climática de Viers, G. (1975), a las series climatológicas de la estación aeropuerto Rafael Núñez en Cartagena y asumiendo su representatividad para toda la cuenca de la ciénaga de la Virgen, el clima se define como AWI = clima cálido antillano, en donde (A) indica una temperatura media mensual superior a los 18°C; (W) representa una lluvia media mensual inferior a 60 mm en la estación seca; e (I) que infiere una amplitud térmica anual inferior a 5°C.

#### **4.1.5 Lluvias.**

##### **4.1.5.1 Variación territorial.**

La precipitación media anual en el área de la cuenca es de 1189 mm y aumenta desde unos 800 mm a la orilla del mar hasta los 1400 mm en la región de

Comesolo. Esta variación obedece en parte a la acción de las brisas de mar y tierra, mediante la cual se establece un sistema de vientos provenientes del mar que alcanzan su máxima intensidad en horas de la tarde y cesa por la noche (Rangel, 1984). Cuando este aire es suficientemente húmedo se producirán abundantes precipitaciones tierra adentro, intensificándose cuando encuentran barreras orográficas aunque sean de poca elevación, como es el caso de la serranía de Turbaco, que alcanza su mayor altitud (450 msnm) hacia el costado NE de la cuenca, exactamente donde las precipitaciones son mayores<sup>9</sup>. Sobre Turbaco, Coloncito, Cañaveral y las regiones de Juan Congo y Ariguaya, las lluvias son del orden de los 1100 a los 1200mm al año.

La variación dentro del año obedece a los dos tránsitos que hace el cinturón de Convergencia Intertropical (CIT) sobre esta zona de la costa norte colombiana; por su posición al norte del Ecuador es más notorio el paso del segundo semestre creando un tiempo ciclónico, cubierto, lluvioso y fresco, que se opone al tiempo anticiclónico que le antecede y sigue las depresiones de la CIT, el cual es un tiempo soleado, seco y con contrastes más marcados en la amplitud de las temperaturas diurnas (Oster, R. 1979, en Estinco, 1988).

**Tabla 4. Régimen multituannual de precipitaciones medias mensuales (1974 - 2002)**

Estaciones	Lluvias medias mensuales (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
A. R Núñez	2.0	0.5	2.3	20.0	108.5	95.4	112.5	116.6	133.1	236.3	129.1	37.5	993.8
Esc Naval	5.6	0.9	2.0	16.9	86.0	76.4	88.1	94.1	110.6	164.8	97.6	32.5	775.5
Bayunca	5.0	3.9	10.5	50.4	159.6	132.1	135.8	148.7	182.7	231.0	193.3	48.2	1301.2
Cañaveral	10.4	11.8	20.7	101.1	143.6	118.9	123.5	123.9	144.6	215.3	141.3	44.5	1199.6
San Estanislao	5.3	7.6	13.2	62.2	131.5	98.8	86.7	91.3	107.9	150.2	67.8	26.5	849.0
Repelón	5.3	7.0	13.9	56.8	117.3	99.1	64.5	106.7	113.7	160.5	97.0	26.2	868.0
Santa Ana	0.6	0.4	4.5	21.1	104.5	96.7	73.5	95.1	106.5	195.8	91.3	42.2	832.2
Rocha	9.5	11.8	13.8	66.7	125.0	120.8	108.4	126.5	124.4	195.6	118.2	44.5	1065.2
Arjona	15.7	19.7	19.9	88.5	152.1	122.5	107.1	146.1	135.5	180.9	136.3	57.2	1181.5

Fuente: IDEAM

De acuerdo a lo observado en la tabla 4, las máximas precipitaciones, en 24 horas, generalmente ocurren en el mes de octubre y, ocasionalmente, en los meses de abril, mayo y septiembre. La tendencia general es que hacia la parte

<sup>9</sup> RAMÍREZ, M. en Estinco (1998) encontró alta correlación entre la precipitación median anual y la distancia de las estaciones a la línea de Costa, incluyendo estaciones al SE del Canal del Dique y en el departamento del Atlántico, confirmando relaciones de generalización propuestas por Stanesca S. (1974).

plana y costera de la cuenca los aguaceros son más intensos pero menos prolongados. De todas formas, con motivo del coletazo del huracán Joan en octubre de 1987, se registraron 173 mm en el Aeropuerto Rafael Núñez y 235 mm en Cañaveral con una duración del aguacero de 17 horas. En octubre de 1989 se registró en Aeropuerto R. Núñez un aguacero no relacionado con las ondas tropicales del este, de 201,8mm con una duración de 4,5 horas.

#### **4.1.5.2 Condición hidrológica del suelo.**

Este es un parámetro utilizado en hidrología para estimar la parte de la precipitación que se infiltra en el suelo durante un aguacero; la porción restante, o precipitación efectiva, escurrirá hasta los cauces más próximos y formará los caudales de las corrientes. Esa capacidad de infiltración, o pérdidas del sistema, depende de varias condiciones de los suelos, entre ellas, la textura, la estructura, el material parental, la pendiente, el drenaje y los usos.

Con base en los informes sobre las condiciones de los suelos de este estudio y en las características geomorfológicas de los suelos presentadas por Estinco (1988) y Haskoning & Carinsa (1996), las diferentes asociaciones y consociaciones de los suelos presentes en la cuenca se agruparon según las características de interés hidrológico, los grupos principales estuvieron representados por los suelos de planicie, suelos de piedemonte y suelos de colinas.

#### **4.1.5.3 Caudales medios.**

El objeto de estimar el régimen de caudales medios en la cuenca estriba en que dado que en la cuenca se dan numerosos usos y retenciones ilegales del agua<sup>10</sup>, que hacen imposible conocer la escorrentía que llega finalmente a la ciénaga en las condiciones actuales. Este caudal medio, en principio teórico, permitirá fundamentar las propuestas de gestión que se planteen que se tomen más adelante mediante reglamentaciones de las corrientes, en cuanto a los volúmenes de agua que será permitido utilizar por parte de cada usuario de la cuenca y a los que deberá dejar fluyendo por el cauce.

#### **4.1.5.4 Metodología de cálculo.**

Se utilizó la metodología del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), en la cual se aplica una fórmula para determinar la precipitación efectiva con base en la precipitación real diaria y un coeficiente de escorrentía que depende de la

---

<sup>10</sup> Normatividad vigente. Decreto 1541 de 1978.

condición hidrológica de los suelos, es decir, de su capacidad de infiltración. Esta fórmula es la siguiente (Royal Haskoning, 2003):

$$Pe = \frac{\left( \frac{P - 5.080}{CN + 50.8} \right)^2}{\left( \frac{P + 20.320}{CN - 203,2} \right)} \quad (1)$$

Donde:

Pe: Precipitación efectiva (mm/día).

P: Precipitación diaria (mm).

CN: Valor del “número de curva” definido en tablas por la condición hidrológica de los suelos.

El caudal medio se define como:

$$Q = Pe \times A \quad (2)$$

Donde:

Q: Caudal de la cuenca (m3/día) y A es el área de la cuenca (km2)

#### **4.1.6 Clasificación hidrológica de la cuenca.**

De acuerdo con la condición hidrológica de los suelos y con la tabla 5 de clasificación de suelos del SCS para dicha condición hidrológica, se ha clasificado el área de la cuenca como “zonas de pastoreo” o pastizales, con tratamiento de curvas de nivel sólo en la planicie y condición hidrológica variable de pobre a buena. Los CN establecidos en la tabla del SCS se ponderaron con la fracción de área correspondiente a cada condición hidrológica, encontrándose, finalmente, un valor de CN ponderado de 75.

#### **4.1.7 Análisis de la precipitación.**

El análisis de la precipitación, esta metodología debe hacerse con información de lluvias diarias. Para tal efecto se utilizó una base de datos diarios de lluvia de la estación Aeropuerto R. Núñez conformada por el ingeniero Cortés V. (1999) para algunos de sus proyectos y suministrada para este informe. Esta base contiene datos diarios de lluvia para los años 1968 a 1975 y de 1984 a 1996; es una buena base con 21 años de extensión que se considera representativa.

Con el fin de hacerla aplicable y representativa para toda la cuenca se aplicó a los datos de la serie base un factor de corrección obtenido de dividir la precipitación media anual de la cuenca por la precipitación media anual del período de la base de datos de Cortés, es decir,  $1189/1094 = 1,087$ .

Con la serie de datos ajustada se aplicó la fórmula de la precipitación efectiva para cada dato de lluvia diaria obteniéndose un promedio diario para cada mes y luego el promedio anual de la precipitación efectiva diaria. Este procedimiento se realizó con un valor de CN = 75 correspondiente a las subcuencas rurales (Tabla 6).

**Tabla 5. Valor de CN para el área de la cuenca**

<b>Clase de Suelo</b>	<b>Planicie</b>	<b>Piedemonte</b>	<b>Colina</b>
Fracción de Área	0.38	0.12	0.50
Tratamiento o Práctica	Con curvas de nivel	Sin curvas de nivel	Sin curvas de nivel
Condición hidrológica	Pobre – regular	Regular – buena	Buena
CN	89	75	80
CN*A	26.2	9.0	40.0
CN Ponderado	75		

Fuente: Cardique - Conservación Internacional (2002); SCS (1966); Carinsa & Haskoning, (1996)

**Tabla 6. Precipitación efectiva media diaria (mm). Estación A.R.Núñez  
CN = 75**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1968	0.00	0.00	0.00	0.18	0.06	2.60	0.01	0.00	0.13	0.29	0.06	0.00
1969	0.16	0.05	0.33	0.13	0.20	0.34	0.00	0.27	0.14	0.22	0.00	0.00
1970	0.05	0.03	0.15	0.00	0.08	0.06	0.16	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
1971	0.00	0.11	0.43	0.00	0.68	0.00	0.44	1.05	0.06	0.07	0.04	0.00
1972	0.06	0.48	0.13	0.86	1.76	0.03	0.30	0.30	1.19	0.30	0.11	0.00
1973	0.31	0.00	0.00	0.00	0.12	0.51	0.10	0.00	0.27	0.31	0.29	0.00
1974	0.00	0.04	0.23	0.28	0.77	0.00	0.00	0.01	1.58	0.91	0.54	0.00
1975	0.00	0.00	0.12	0.00	0.47	0.11	0.00	0.04	0.80	1.12	0.04	0.00
1984	0.11	0.25	0.00	1.41	0.06	0.16	0.19	0.95	0.00	0.66	0.00	0.00
1985	0.66	0.00	0.00	0.01	0.45	0.14	0.01	0.00	0.08	0.03	0.33	0.00
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.03	0.16	0.05	0.01	0.18	0.00	0.00
1987	0.00	0.00	0.02	0.93	0.09	0.02	0.14	0.04	0.08	0.14	0.00	0.00
1988	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.40	0.74	0.19	4.26	0.00	0.00
1989	0.00	0.00	0.36	0.04	0.02	0.50	0.02	0.44	0.00	0.54	0.05	0.00
1990	0.00	0.03	0.09	0.13	0.13	0.12	0.07	0.32	0.13	0.62	0.60	0.00
1991	0.00	0.00	0.14	0.24	0.01	1.79	0.12	0.02	0.32	1.30	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.78	0.11	0.43	0.25	0.88	0.57	0.20	0.82	0.00
1993	0.00	0.16	0.23	0.28	0.07	0.14	0.01	0.04	0.39	0.26	0.13	0.00
1994	0.05	0.00	0.00	1.44	1.46	0.05	0.15	0.12	0.57	0.08	0.67	0.00
1995	0.00	0.00	0.06	0.34	0.11	0.00	0.01	0.53	0.17	0.41	0.02	0.00
1996	0.00	0.00	0.77	0.85	0.77	0.00	0.20	0.70	0.08	0.18	0.01	0.00
<b>Promedio</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>	<b>0.15</b>	<b>0.39</b>	<b>0.36</b>	<b>0.33</b>	<b>0.13</b>	<b>0.34</b>	<b>0.32</b>	<b>0.58</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>

Fuente: IDEAM

#### **4.1.8 Caudales medios en la cuenca.**

Para convertir los valores de la precipitación efectiva diaria  $P_e$  a términos de caudal se aplicó el valor de  $P_e$  medio mensual a las áreas. El resultado es un valor de caudal en términos de volumen diario de la escorrentía ( $m^3/día$ ); para convertirlos en  $m^3/s$  se tuvo en cuenta la afirmación de Haskoning & Carinsa (1996)<sup>11</sup> que el 95% de los aguaceros registrados en la estación A. R. Núñez caen en menos de seis (6) horas y se asumió que la precipitación efectiva calculada corresponde a un aguacero de esa duración.

Los resultados indican que cualquier sistema de embalse debería recibir en promedio un volumen diario de 6.840 metros cúbicos de agua provenientes de la escorrentía de la cuenca (Tabla 6), que corresponden a un caudal medio diario multianual de 0,32  $m^3/s$  para seis horas de duración del aguacero típico. El

<sup>11</sup> Haskoning & Carinsa (1996) señala que en un análisis de más de 200 aguaceros registrados entre los años 1970 y 1988 en la estación Aeropuerto Rafael Núñez, el 95% de ellos cayó en menos de 6 horas.



$T_c = [(0,702 \times (1,1 - I) \times L^{0,5}) / P^{1/3}] / 60$ : Tiempo de concentración, en horas<sup>12</sup>

$t_p = 0,6 \times T_c$ : Tiempo de retardo, en minutos

$T_p = (0,5 \times t_r + t_p)$ : Tiempo al pico, en horas

$T_b = 2,65 \times T_p$ : Tiempo base del hidrograma, en horas

$Q_p = 0,2083 \times A / T_p$ : Caudal unitario, en m<sup>3</sup>/s por mm de Pe

Los valores de  $t_p$ ,  $T_p$  y  $Q_p$  son los parámetros básicos para definir el pico y la duración de la crecida. La forma del hidrograma es la correspondiente a una crecida típica establecida por el SCS. Con esta información se corrió un modelo en hoja electrónica, cuyos resultados arrojan el caudal máximo para las recurrencias de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años para el área de estudio (Tabla 8).

En el cuadro podemos observar que para el Arroyo de Matute, con caudales máximos de 95 m<sup>3</sup>/s y volumen máximo las crecidas de 5.28 (Tabla 9).

**Tabla 8. Caudales Máximos (m<sup>3</sup>/s)**

Subcuenca	Período de Retorno (Años)					
	2	5	10	25	50	100
Hormigas	20.80	32.00	40.00	50.50	58.60	66.80
Tabacal	95.40	149.70	186.60	240.20	279.90	320.40
Mesa	118.30	186.20	234.90	299.60	349.50	400.20
Chiricoco	36.60	56.70	71.10	90.10	104.70	119.00
Limón	48.70	75.70	94.90	120.40	139.90	159.70
Matute	29.20	45.10	56.50	71.50	83.00	94.70
Total	66.50	90.40	106.50	127.10	142.40	157.70

Fuente: Cardique - Conservación Internacional (2002)

**Tabla 9. Volúmenes de las crecidas máximas (Millones de m<sup>3</sup>)**

Subcuenca	Período de Retorno (Años)					
	2	5	10	25	50	100
Hormigas	8.88	13.98	17.64	22.50	26.25	30.06
Tabacal	7.14	11.20	14.11	17.98	20.95	23.98
Mesa	0.93	1.44	1.80	2.27	2.63	3.00
Chiricoco	2.40	3.72	4.66	5.91	6.87	7.84
Limón	2.86	4.45	5.58	7.08	8.23	9.40
Matute	1.63	2.52	3.15	3.98	4.63	5.28
Total	23.84	37.31	46.94	59.72	69.56	79.56

Fuente: Cardique - Conservación Internacional (2002)

<sup>12</sup> El tiempo de concentración es el tiempo, en horas, que demora una gota de agua en llegar al exutorio o punto de medición del caudal, desde el punto más alejado de la cuenca. Esta fórmula es la recomendada por el RAS 2000 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, del Ministerio de Desarrollo Económico (2000).

## 4.2 MARCO LEGAL

El agua se constituye en el eje articulador de los planes de ordenamiento de cuenca, dado que interrelaciona los recursos naturales, el medio ambiente y la actividad humana.

En Colombia existen diversas leyes, normas y decretos que regulan el manejo y aprovechamiento del recurso hídrico, sin embargo, y a pesar de su gran variedad, no dan el alcance que la realidad exige y por lo contrario, hacen de su práctica un verdadero caos al momento de administrar, debido a su excesiva formalidad o, a los vacíos que se evidencian en situaciones concretas. También se puede hablar de normas elaboradas bajo un excelente trabajo retórico sin que se logre su real cumplimiento o se ajusten a las situaciones existentes.

Previamente al recuento de estas normas en sus aspectos cardinales, es necesario conocer que en principio, a través de nuestra legislación e historia, el dominio de los recursos naturales renovables, incluidos entre ellos el agua, ha sido considerada de carácter público, perteneciente a la nación y, de manera excepcional, al ámbito privado. Igual suerte corren los cauces, lechos de los depósitos naturales de aguas, playas marítimas, fluviales, lacustres y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas. Se caracterizan por ser inalienables e imprescriptibles, esto hace que el Estado no pueda transferir su dominio a privados, ni puede ser objeto de relaciones comerciales o legales privadas.

El conjunto de normas que regulan la administración del recurso hídrico en nuestro país son: Ley 23 de 1973, CRNR –Decreto 2811 de 1974, Ley 2ª de 1978, Decreto 1541 de 1978, Decreto 1594 de 1984, Ley 99 de 1993, Decreto 3100 de 2003 (Tasas retributivas), Decreto 155 de 2004 (Tasas por uso), Ley 373 de 1997, Dentro de las aguas de uso público podemos referir los ríos, las aguas que corran por cauces naturales de modo permanente o no, las aguas que corran por cauces artificiales que hayan sido derivadas de una cauce natural, los lagos, lagunas, ciénagas y pantanos, las corrientes y depósitos de aguas subterráneas y las aguas lluvias.

Las aguas de propiedad privada son aquellas que nacen y mueren dentro de la misma heredad, siempre y cuando su uso no haya sido interrumpido durante tres años continuos, en cuyo caso se reputan de dominio público.

El derecho al uso de las aguas (superficiales y subterráneas) y sus cauces, puede ser adquirido por los particulares mediante permiso, concesión, ministerio de la ley y asociación.

En materia de aguas subterráneas, se contemplan las fases de prospección y exploración en las que se efectúan perforaciones en busca de este recurso, con

miras a su posterior aprovechamiento, previa autorización expedida por la autoridad ambiental.

La concesión de aguas es el modo de adquirir el derecho a su uso mayoritariamente utilizado, se trata de un permiso expedido por la autoridad ambiental competente en el que el caudal que se otorgue esta sujeto a la disponibilidad del recurso y a las necesidades que se identifiquen. En su otorgamiento se deben observar las condiciones especiales para la defensa de las aguas, el logro de su conveniente utilización, la de los predios aledaños y, en general el cumplimiento de los fines de utilidad pública e interés social inherentes a su aprovechamiento.

Para la expedición de este tipo de autorización se surten unas etapas que van mas allá del acto administrativo que viabilice la toma de un caudal o la niegue, conlleva una solicitud formal, la práctica de visita técnica con el consecuente concepto, la expedición del acto administrativo y lo mas importante, el diseño y elaboración de las obras necesarias para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir el caudal, provistas de los elementos necesarios que permitan conocer y medir la cantidad de agua derivada y consumida, en cualquier momento.

En lo casos en que sea necesaria la construcción de obras para la rectificación de cauces o de defensa de los taludes marginales, para evitar inundaciones o daños en predios ribereños, se requiere la presentación y aprobación por parte de la autoridad ambiental, de los planos y memorias correspondientes. Hacer lo contrario, faculta a la autoridad ambiental para ordenar la destrucción de obras ejecutadas sin permiso o de las autorizadas que puedan causar daños inminentes y no se permite alterar los cauces, el régimen y calidad de las aguas o interferir en su uso legítimo si no media el correspondiente permiso.

Como obligaciones principales de los usuarios del recurso hídrico y beneficiarios de una concesión están:

Aprovechar las aguas con eficiencia y economía en el lugar y para el objeto previsto en la resolución de concesión, empleando sistemas técnicos de aprovechamiento.

Sólo utilizar el caudal de aguas otorgado.

Construir y mantener instalaciones y obras hidráulicas en condiciones adecuadas.

Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito se derramen o salgan de las obras que las deben contener.

Contribuir proporcionalmente a la conservación de las estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes.

Permitir la vigilancia e inspección y suministrar los datos sobre el uso de las aguas.

En caso de escasez, de sequía u otros semejantes o por razones especiales de conveniencia pública, se puede variar el caudal de agua a suministrarse y el orden establecido para hacerlo.

El hecho de que existan concesiones otorgadas sobre determinada fuente no es impedimento u obstáculo alguno para que con posterioridad a ellas se reglamente la distribución de las aguas de manera general.

Cuando se otorgan concesiones con destino a la prestación del servicio de acueducto, estas se deben sujetar en cuanto a supervigilancia técnica, sistemas de tratamiento, distribución, instalaciones domiciliarias, ensanches en las redes, reparaciones, mejoras y construcción de todas las obras que vayan a ejecutarse.

Son objeto de protección y control especial: las aguas destinadas al consumo doméstico, humano y animal, y a la producción de alimentos; los criaderos y hábitats de peces, crustáceos y demás especies que requieran manejo especial y, las fuentes, cascadas, lagos y otros depósitos o corrientes de aguas, naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección.

Finalmente, es necesario recalcar que todo usuario del agua, a menos que se trate de las excepciones ya mencionadas, debe contar con la respectiva concesión de aguas. Así mismo, se encuentra terminantemente prohibida cualquier actividad que pueda constituir un peligro de contaminación de las aguas o de degradación, empero, si se pretende adelantar algún tipo de actividad que pueda conllevar un riesgo de contaminación o degradación se deberá obtener previamente el respectivo permiso expedido por la autoridad ambiental.

Si se tiene en cuenta que en Colombia se otorgan sendas concesiones sin el conocimiento claro de la oferta y demanda de nuestras fuentes hídricas, y sin que se logre la verificación de los requerimientos técnicos que permitan su derivación legal, aunado a la creciente demanda como consecuencia del incremento de la población y de las actividades económicas que se desarrollan, el mecanismo idóneo para una certera administración de este recurso en términos de proporcionalidad, equidad, igualdad y conocimiento, es la reglamentación de fuentes hídricas, en la que medie un estudio en conjunto de la mejor distribución en cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que pueda aprovecharlas. Este ejercicio es regulado, mediante:

El Decreto 1541 de 1978, su objetivo es reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas dominio de las aguas, cauces y riberas, y normas que rigen su aprovechamiento, pudiendo ser adelantado por la autoridad ambiental de manera oficiosa o por solicitud de parte, fundamentado en un estudio preliminar en el que se determine su conveniencia, y con el desarrollo de un procedimiento legalmente establecido.

El Decreto 1594 de 1984 por el cual se reglamentan los usos del agua y de los residuos líquidos, en lo referente al ordenamiento del recurso hídrico, determina los factores que deberán ser tenidos en cuenta para este proceso, dentro de los cuales se pueden mencionar: los usos existentes, las proyecciones de usos de agua por aumento de la demanda y por usuarios nuevos, el establecimiento de modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables, los criterios de calidad y normas de vertimiento establecidos, vigentes en el momento del ordenamiento, la preservación de las características naturales del recurso, la conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo previsto en el área de influencia del recurso y, el mejoramiento de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

Decreto 1449 del 27 de junio de 1977, mediante el cual se establecen una serie de obligaciones para todos los propietarios de predios rurales, en las que se garantiza la conservación de los recursos naturales renovables. Específicamente en materia de conservación, protección y aprovechamiento del recurso hídrico, se les conmina a no incorporar en los cuerpos de agua ningún tipo de sustancia contaminante, observar las normas que se expidan para el uso de agroquímicos, no provocar la alteración del flujo natural de las aguas o el cambio de su lecho o cauce, aprovechar las aguas con eficiencia y economía, no utilizar mayor cantidad de agua que la otorgada en concesión, construir y mantener las instalaciones y obras hidráulicas con las condiciones adecuadas de acuerdo con la resolución de otorgamiento, evitar que las aguas que derivan de una corriente o depósito se derramen o salgan de las obras que las deban contener, contribuir proporcionalmente a la conservación de las estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes, construir pozos sépticos para coleccionar y tratar las aguas negras producidas en el predio cuando no existan sistemas de alcantarillado al que puedan conectarse, conservar en buen Estado de limpieza los cauces depósitos de aguas naturales o artificiales que existan en sus predios, controlar los residuos de fertilizantes, con el fin de mantener el flujo normal de las aguas y evitar el crecimiento excesivo de la flora acuática.

La ley 99 de 1993, mediante esta ley se distinguen tres tipos de tasas: por uso, retributivas y compensatorias. En general las tasas representan el valor de lo que cobra el Estado por prestar un servicio y corresponden a la recuperación de los costos por su prestación. Sin embargo, en el caso particular de las tasas establecidas en materia ambiental, el Estado va mas allá del objetivo fiscalista o de recaudo, y lo materializa como otro mecanismo tendiente a controlar la degradación de los recursos y servicios ambientales, además de los instrumentos de control directo, es decir, se propone incentivar la reducción de la contaminación y las materializa de manera análoga, en instrumentos de control ambiental con los

que se proyectan la protección del ambiente y se generan ingresos para las entidades administradoras de los recursos naturales renovables.

Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en su libro primero, parte III, título III, define la tasa retributiva como el pago del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades de utilización directa o indirecta de la atmósfera, de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas, y de la tierra y el suelo, por introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, humos, vapores y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas. Las tasas por uso, son definidas como el pago que debe efectuar toda persona natural o jurídica, pública o privada por la utilización de las aguas, cuyo monto debe ser destinado al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos para investigar e inventariar los recursos hídricos nacionales, planear su utilización, proyectar aprovechamientos de beneficio común, proteger y desarrollar las cuencas hidrográficas y cubrir todos los costos directos de cada aprovechamiento.

## 5. PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA.

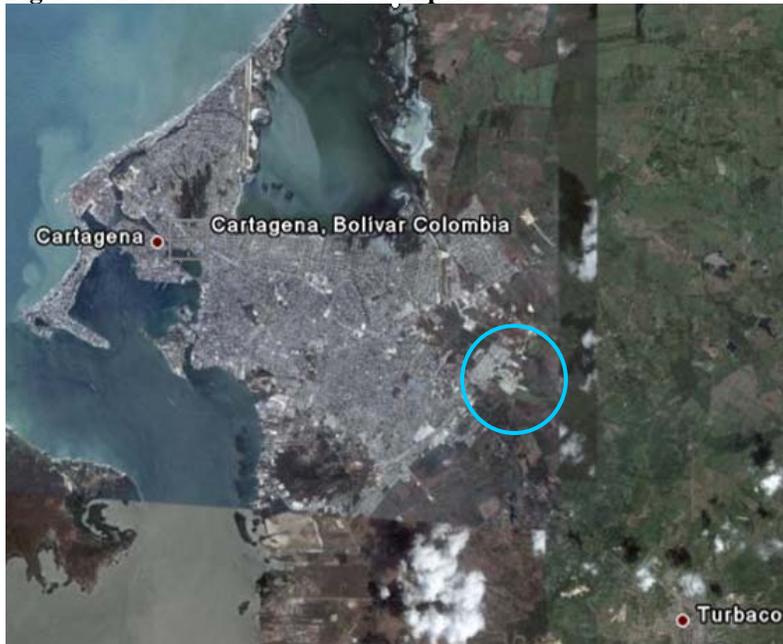
Con un recorrido cercano a 10 Km, iniciado de la zona noroccidental del municipio de Turbaco (Figura 3) y por el lado derecho de la carretera Troncal del Occidente, cruzando la vía que une la Troncal de Occidente y la carretera Cordialidad que pasa por detrás del Terminal de Transportes y llega hasta el borde externo del Barrio San José de Los Campanos. A partir de allí inicia su recorrido por los Barrios San José de los Campanos (Figura 4), Ternera, pasa por el Campus de la Universidad de San Buenaventura, y el Recreo. Baja entre los Barrios Villa Rosita - las Palmas y llega hasta el frente al barrio Las Palmeras, terminando su recorrido entre las poblaciones de los barrios ubicados al sur de la Ciénaga de la Virgen (Urbanización las Palmeras y los Barrios Nuevo Porvenir, José Obrero, la Magdalena y Fredonia entre otros), hasta desembocar en La Ciénaga de la Virgen.

**Figura 3. Área de Influencia del Proyecto**



Fuente: Google Earth

**Figura 4. Barrio San José de los Campanos**



Fuente: Google Earth

Desarrollado el análisis del comportamiento hidráulico de las estructuras se pudo identificar la localización, en la Variante de Cartagena de 16 estructuras, encargadas de transportar el flujo proveniente de las cuencas principales; dos de ellas son puentes (Matute 1 y Matute 2) y el resto son alcantarillas y box culverts. A excepción de los puentes, no existen canales aguas arriba plenamente definidos.

Aguas abajo, los canales naturales son los encargados de transportar las aguas lluvias, siendo el canal Matute el más importante, a donde llega la totalidad del caudal de la zona. El canal Calicanto se construyó posteriormente para servir de alivio y amortiguación, al canal Matute funcionando como una gran presa regulada por la Carretera de la Cordialidad para controlar las inundaciones que se presentaban en la zona del barrio Villa Rosita.

Sobre la vía la Cordialidad las estructuras más importantes están localizadas en las abscisas K2+460.04 y K3+127.19, correspondientes al canal Calicanto y Matute, respectivamente. Aguas abajo de estas estructuras las aguas son conducidas hasta la ciénaga de la Virgen. Estas estructuras poseen una capacidad hidráulica suficiente para desalojar el caudal de la zona en estudio. Sobre la Troncal de Occidente existe un canal en tierra paralelo al eje de la vía y consta de una serie de estructuras a partir de la entrada del SENA hasta la estructura que atraviesa la Troncal, a la altura de la zona industrial de Ternera. De estas estructuras, sólo presentan la capacidad hidráulica suficiente para el caudal de diseño las localizadas a la entrada de el barrio El Rodeo, SENA y Parque Industrial Carlos Vélez Pombo.

### **5.1.1 Estructuras Encontradas**

Canal Matute: Este canal se ha dividido en tres tramos. El primero comprende entre la Variante Cartagena hasta la intersección con el canal de la Urbanización La Princesa, con una longitud de 1795 metros. El segundo tramo abarca desde este punto hasta la intersección con el canal Calicanto, con una longitud de 1517 metros. El tercer tramo va desde esta intersección hasta la carretera la Cordialidad, con una longitud de 1061,14 metros. Las transformaciones al cauce natural solo se han dado en las estructuras de paso de las vías.

Canal Calicanto: Se dividió en dos tramos. El primero comprende entre su intersección con el canal Matute hasta la intersección con el canal San José de los Campanos, con una longitud de 403,82 metros. El segundo tramo comprende desde esta intersección hasta llegar a la carretera de La Cordialidad, con una longitud de 806,43 metros.

Canal la Carolina: Este canal se extiende desde la Variante de Cartagena a la altura de la Urbanización Bosques de la Circunvalar, en el municipio de Turbaco, hasta la intersección con el canal Calicanto.

Canal San José de los Campanos: Este canal inicia en los límites del barrio Bosques de la Circunvalar y se extiende hasta interceptar al canal Calicanto.

Canal Cervecería – Parque Industrial: El canal inicia en la zona del Bajo Miranda, a la altura del Sena, paralelo a la Troncal de Occidente. Las transformaciones al cauce natural solo se han dado en las estructuras de paso de las vías.

Canal Parque Industrial: Este canal inicia a la altura del box culvert de la zona industrial de Ternera que atraviesa la Troncal de Occidente y se extiende hasta interceptarse con el Canal Matute.

Alcantarillas y box culvert ubicados dentro del área en estudio: Se revisaron las capacidades de todas las estructuras ubicadas dentro del área en estudio.

**Tabla 10. Diagnóstico de estructuras vs Caudales esperados**

 No Cumple

Caudales(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	Puente(Variante)	Canal	Canal	Puente	Canal
Q1(Cuenca rural hasta la variante)	43.60	75.00	50.50			
Q2(Hasta San José de los Campanos)	66.10			56.93		
Q3(Hasta la Carr. Cordialidad)	73.60				50.50	
Q4(Hasta la Ciénaga de la Virgen)	94.70					74.64

Fuente: Autores del Proyecto

### 5.1.2 Usos del Agua en la Cuenca.

Algunos propietarios se dedican a actividades pecuarias, recreativas y cultivo de flores y han construido embalses con capacidades variables desde media hasta ocho hectáreas, con una capacidad de almacenamiento de 565,370 m<sup>3</sup>, como se muestra en el Tabla 11.

**Tabla 11. Identificación de represas de almacenamiento en la cuenca del**

Rango	8.0- 12.0	5.0 - 8.0	3.0 - 5.0	2.0 - 3.0	1.5 - 2.0	1.5 - 1.0	1.0 - 0.6	0.6 - 0.4	0.4 - 0.2	Totales
No	1	1	2	1	1	2	5	2	4	19
Areas (Ha)	8.53	5.1	6.92	2.02	1.86	2.43	3.81	1.46	1.37	33.5
Prof (mts)	2.5	2	1.7	1.5	1.2	1	0.9	0.8	0.7	12.3
Vol (m <sup>3</sup> )	213250	102000	117640	30300	22320	24300	34290	11680	9590	565370

Fuente: Autores del Proyecto

### 5.1.3 Calidad del Agua.

Con el fin de determinar la calidad del agua, se tuvo en cuenta el pH, el cual es un indicador de la acidez. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 9, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución<sup>13</sup>.

Otra variable que se tuvo en cuenta fue la alcalinidad o capacidad del agua para neutralizar y así evitar que los niveles del pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. El agua pura es un buen conductor de la electricidad, mediante la conductividad se determina la pureza relativa del agua. La presencia de cloruros indican salinidad, contaminación agrícola, actividad bacteriológica, detergentes, fertilizantes, acción bacteriológica anaerobia, al igual que el agua dura es índice de un alto contenido de minerales, en particular sales de magnesio y calcio.

<sup>13</sup> Corporación Autónoma Regional del Dique. Cardique. Resolución 0028 de Enero 28 de 2004

Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. El nivel máximo de sulfato sugerido por la organización Mundial de la Salud (OMS) en las Directrices para la Calidad del Agua Potable, establecidas en Génova, 1993, es de 500 mg/l. Las directrices de la Unión Europea son más recientes, 1998, completas y estrictas que las de la OMS, sugiriendo un máximo de 250 mg/l de sulfato en el agua destinada al consumo humano. Los niveles recomendados de bacterias coliformes fecales son, para Agua Potable: menos de 0 colonias por 100 ml de la muestra de agua. Los niveles de contaminación del agua se incrementan a medida que estas se alejan de su nacimiento (Tabla 12).

**Tabla 12. Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua del arroyo matute**

Item	Manantial (Km 0)	Retén Tránsito (Km 1 + 200 Mts)	Cementerio Turbaco (Km 3)	Antenas de RCN (Km 4)	Sector Comfamiliar (Km 4 + 500 Mts)	S. Empresas Públicas (Km 5 + 100 Mts)
PH	6.9	7.8	8.0	8.0	8.0	8.0
Turbiedad UNT	1.1	1.7	64.5	68	61.5	66
Conductividad Umhos/Cm	611	501	604	613	616	615
Cloruros mg/L Cl	29	29	43	45	47	43
Alcalinidad mg/L CaCo3	280	182	246	252	256	252
Dureza Total mg/L CaCo3	274	244	320	316	312	308
Dureza Calcio mg/L CaCo3	126	162	156	190	180	228
Sulfatos mg/L SO4	9.0	2.3	48.0	43.0	42.0	45.0
Cloro Residual	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sólidos Totales Disueltos o/oo	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Coliformes Totales UFC/100 ML	2300	1680	12100	14000	13300	20300
Coliformes Fecales UFC/100 ML	0	1500	5200	4000	5500	5500

Fuente: Laboratorio Departamental de Salud Pública.

## 5.2 ÁREA POTENCIALMENTE AFECTADAS CON LAS INUNDACIONES

De los barrios afectados (Villa Rosita, San José de los Campanos, Fredonia, Las Palmeras) por las inundaciones causadas por el arroyo de Matute, en el presente estudio se toma sólo el barrio San José de los Campanos, donde se dio aplicación a una encuesta directa, entre los meses de Enero y febrero de 2007, teniendo como muestra 874 hogares, en ella se pudo determinar que 792 hogares poseen la vivienda en bloque, en 212 hogares habitan hasta seis personas; las viviendas poseen en su mayoría servicios de agua, energía, alcantarillado, gas natural, sólo 52 hogares no poseen agua, 189 no cuentan con servicio de alcantarillado y 64 no poseen el servicio de gas natural.

De los hogares encuestados 413 han sufrido inundaciones, 317 en el año 2003, 284, en el año 2004, 317 en el año 2005 y 207 en el año 2006. En 356 de estos hogares el agua subió a más de cms, en 198 llegó a una altura entre 30 y 50 cms. ocasionando daños o perdidas en colchones (171 hogares), camas (156), muebles (67), televisor (63), nevera (21), equipos de sonido (23) y ventiladores (3), estimando el valor de los daños entre \$200.000 y \$2.500.000.

Se aplicó una segunda encuesta, en abril de 2007, para la cual se eligieron 15 predios con el fin de determinar el uso del suelo, suministro y reserva de agua.

En ella, se pudo determinar que el suelo es utilizado en la mayor parte para finca, otros, estaderos. Los propietarios son dueños de pocas tierras, poseyendo la mayoría tan sólo dos y una hectárea, sin embargo existen dos personas propietarias de 20 hectáreas. La mayoría de ellos no tienen la necesidad de almacenamiento de agua y quienes la almacenan lo hace generalmente en albercas, jagüey, represas, tanques elevados, pozos profundos y tanque lavadero, consumiendo de 50.000 hasta 100.000 M<sup>3</sup> anuales y dentro de los proyectos de los propietarios de las tierras se encuentra destinar éstas para centros recreacionales, lo cual requeriría un mayor consumo de agua y que ésta sea de buena calidad.

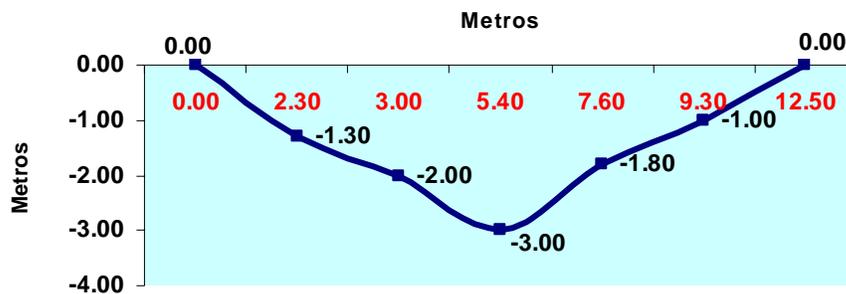
Mediante la encuesta se pudo identificar la ausencia de recolección o almacenamiento de agua, lo cual no contribuye a disminuir el caudal de las mismas, lo que causa represamientos en las partes de poca profundidad y donde el suelo presenta desniveles, como en el caso de San José de Los Campanos (Sección 2). Es importante anotar que para poder realizar los estudios de aguas se dividió el recorrido del arroyo en secciones (Universidad de San Buenaventura, Entrada San José de Los Campanos, Antena RCN Radio, Anillo Vial, Seminario), en ellas se recolectó agua para realizar los estudios respectivos para determinar la calidad de ésta (Tabla 12).

Cortes por Secciones profundidad del Arroyo.

<b>Ancho</b>	<b>12.5</b>
--------------	-------------

Abs	Prof
0.00	0.00
2.30	-1.30
3.00	-2.00
5.40	-3.00
7.60	-1.80
9.30	-1.00
12.50	0.00

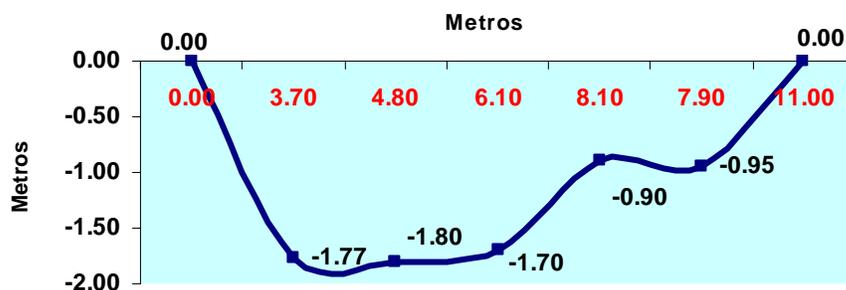
**Sección 1: Universidad de Sanbuenaventura**



<b>Ancho</b>	<b>11</b>
--------------	-----------

Abs	Prof
0.00	0.00
3.70	-1.77
4.80	-1.80
6.10	-1.70
8.10	-0.90
7.90	-0.95
11.00	0.00

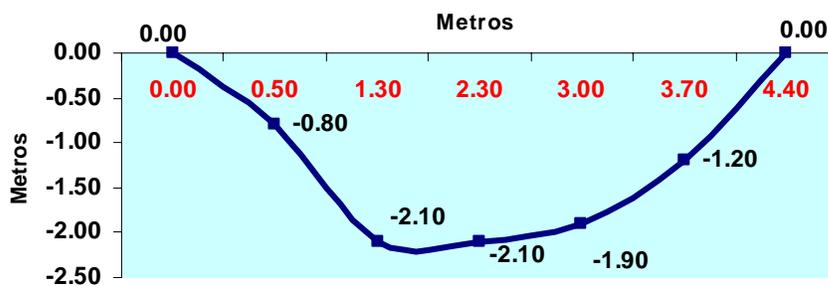
**Sección 2: Entrada San José de los Campanos**



<b>Ancho</b>	<b>4.4</b>
--------------	------------

Abs	Prof
0.00	0.00
0.50	-0.80
1.30	-2.10
2.30	-2.10
3.00	-1.90
3.70	-1.20
4.40	0.00

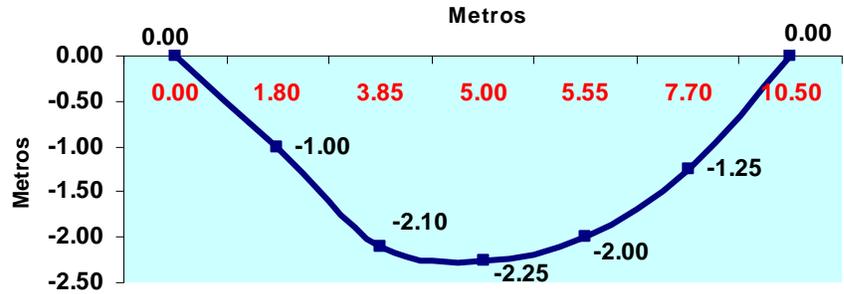
**Sección 3: Antena RCN Radio**



Ancho	10.5
-------	------

Abs	Prof
0.00	0.00
1.80	-1.00
3.85	-2.10
5.00	-2.25
5.55	-2.00
7.70	-1.25
10.50	0.00

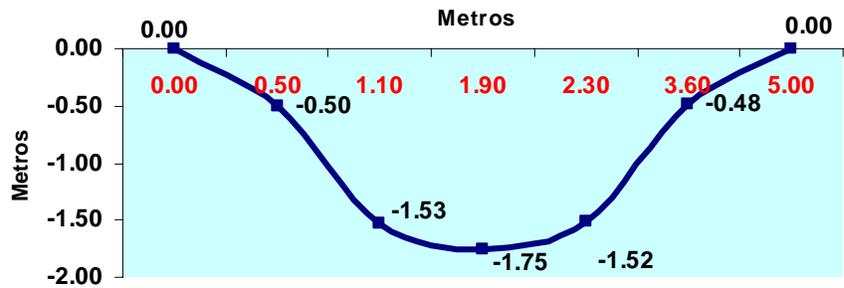
Sección 4: Anillo Vial



Ancho	5
-------	---

Abs	Prof
0.00	0.00
0.50	-0.50
1.10	-1.53
1.90	-1.75
2.30	-1.52
3.60	-0.48
5.00	0.00

Sección 5: Seminario



### 5.3 IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA ACCIÓN DEL ARROYO DE MATUTE.

Ante la no implementación de programas de reforestación en la cuenca del arroyo de matute, se observa el transporte de sedimentaciones y arrastre troncos, piedras, basuras, en época de lluvia.

La contaminación hídrica proveniente principalmente de las actividades domésticas y por la inadecuada disposición de residuos.

Las descargas de aguas servidas en la cuenca del arroyo de matute producen altos niveles de contaminación ambiental, sedimentación acelerada y deterioro ambiental deteriorando con ello la calidad de vida de los habitantes de las zonas localizadas en sus bordes en condiciones de extrema pobreza.

Inundaciones con pérdidas materiales en poblaciones en extrema pobreza sin los servicios públicos necesarios ha obligado a la realización de conexiones ilegales de aguas negras, utilizándolo como receptor de desechos sólidos y líquidos, solucionando la falta de alcantarillado y recolección de basuras, contraviniendo con ello las normas legales de la Constitución y las Leyes Ambientales actuales.

#### **5.4 SOLUCIONES PROPUESTAS.**

- Humedales artificiales de retención.
- Represas de retardo.
- Presa de almacenamiento y aprovechamiento.
- Estructura de almacenamiento y liberación controlada
- Reforestación

#### **5.5 PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

1. Cambio de la reglamentación: en lo referente a la conservación y aprovechamiento del recurso hídrico.

Sabemos que en la actualidad la reglamentación de las políticas ambientales en materia de conservación, protección y aprovechamiento del recurso hídrico en cuanto al uso de las aguas se refiere, prohíbe la retención del agua y obliga a pagar una tasa retributiva por su utilización, con el fin de proteger los recursos naturales. Sin embargo, esta normativa no tiene en cuenta el entorno que está alrededor de las cuencas, ni se ha definido con base en un análisis de vulnerabilidad frente a los riesgos ambientales que se están presentando por los cambios en la dinámica de la naturaleza.

Esta debilidad en la etapa de planeación de las políticas públicas y en la definición normativa que las desarrolla, impide brindar soluciones a los problemas que actualmente se presentan por efecto de las inundaciones y aumento en los niveles de las aguas, pues establecen un impedimento para manipular el curso de las

mismas. Es por ello que una de las alternativas de solución que presenta la Gestión Ambiental se basan en proponer un cambio normativo que permita retener las aguas, a razón de que el caudal lluvioso en épocas invernales se vierte inmediatamente a la cuenca, produciendo inundaciones, efectos devastadores en las poblaciones que viven a su alrededor, generando mas costos y pérdidas materiales y humanas tanto para los habitantes, como para el gasto público de los municipios, distritos y departamentos.

Es por esto que el estado debe dar un enfoque integral a la problemática y así actualizar y cambiar las políticas en materia de conservación, protección y aprovechamiento del recurso hídrico, y permitir a los propietarios de predios rurales y urbanizaciones utilizar medios para retener el agua en épocas de lluvia, con ciertos parámetros y libre de tasas, incentivando la utilización de sistemas de drenajes rurales sostenibles (SDRS).

Esta propuesta de gestión no solo aliviaría este problema social, sino que también abre campo al desarrollo de actividades productivas como la agricultura, silvicultura y piscicultura, lo que agrega un valor añadido a la propuesta, puesto que facilitaría a los dueños de estos predios que hacen parte de la cuenca, utilizar la tierra como medios para la implementación de sistemas de riegos y las diferentes actividades relacionadas con la agricultura, que además represente una fuente de ingresos. De esta manera se le daría un uso adecuado a la cuenca, establecido en el POT de Turbaco. Adicionalmente se deben implementar campañas de formación ciudadana para el uso específico de este recurso como patrimonio ambiental y su aprovechamiento para actividades agrícolas, evitando llevar a cabo proyectos urbanísticos que no tienen en cuenta las cuencas.

2. Incentivar a los propietarios de predios que están dentro de la cuenca a construir reservorios para retener las aguas, con liberación controlada.

La liberación controlada de las aguas en todos los predios que conforman la cuenca es un factor importante para evitar las inundaciones durante las épocas invernales con fuertes lluvias, ya que en el arroyo como tal se desplazarían únicamente las aguas que recibe en su sistema físico, facilitando su hidráulica con los niveles adecuados para evitar el desbordamiento de las aguas que cursan por este arroyo.

El objetivo de esta propuesta es cambiar la costumbre frente al manejo de las escorrentías, e incentivar el diseño de reservorios donde se le de una adecuada administración de las aguas, o se drene parcialmente al momento en que se haya estabilizado el clima. También es útil como forma de aprovechamiento del recurso hídrico ya que en esta zona están subutilizadas las aguas que pertenecen a este arroyo.

### 3. Estimular la reforestación y cultivos ornamentales.

Beneficios: Para que puedan realizarse acciones de reforestación, debe haber algún tipo de beneficio económico, que puede ser de dos tipos: privados y externos (MINAMBIENTE, 1999).

Los beneficios privados procederán de los proyectos de restauración que se implementen, reforestación protectora y arreglos agroforestales que favorecerán a los dueños de las fincas donde se ejecutan los proyectos. Los beneficios externos serán aprovechados por la población que habita en áreas de influencia o cercanas al sitio de realización del proyecto, generalmente aguas abajo de los terrenos a reforestar.

Además de madera, con la reforestación se generarán otros bienes que se destinarán a los mercados de Turbaco, Arjona y Cartagena, o al autoconsumo de las familias. Productos como cortezas, látex, frutas, semillas, resinas, plantas ornamentales etc, que explotados en forma mesurada y ordenada ofrecen una fuente de ingreso adicional a las familias que habitan la cuenca.

Algunos de los principales beneficios externos que se generarán son los siguientes:

Aumento del caudal del arroyo en las épocas donde no se presentan precipitaciones y su regulación durante la temporada de lluvias, con la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las fincas, para un posible consumo humano y uso agropecuario.

Reducción de los picos de escorrentía durante la época de lluvias, y por tanto disminución del riesgo de inundaciones en el barrio San José de los campanos.

Mejor drenaje en el suelo para cultivos en las zonas cercanas al barrio San José de los Campanos.

Reducción de la erosión de los suelos, restauración del paisaje y restauración ecológica.

Técnica e implementación. El plan de reforestación tiene varias etapas, entre las que se debe incluir:

1. Capacitación a la comunidad en las técnicas de manejo
2. Recolección y conservación de semillas.
3. Siembra en viveros
4. Técnicas de plantación y arreglos de agroforestería
5. Seguimiento o monitoreo

Así el ecosistema de la cuenca se va recuperando, tratándose como una reserva ecológica, lo cual se encuentra establecido en POT del municipio de Turbaco. Esta importante propuesta de carácter ecológico y conservacionista genera o incentiva la construcción de viveros para la comercialización de las distintas especies vegetativas que nacen de forma natural dentro de la cuenca, de esta manera sería un sector ecológico que se tuviera en cuenta como medio para apreciar la naturaleza y recurso paisajístico, pudiéndose así evitar la intervención de proyectos urbanísticos.

4. Promover la formulación de un plan de manejo de residuos sólidos en la cuenca.

La presencia de grandes cantidades de residuos sólidos sobre el arroyo es un factor de riesgo que influye como bloqueo en el curso normal de las aguas; sin embargo la población que se encuentra alrededor del arroyo es la mayor responsable de que este cuerpo de agua se mantenga con R.S, debido a la falta de educación ambiental, sumado a la falta de servicio de recolección de basuras.

La costumbre que manejan los habitantes es arrojar directamente las basuras al arroyo, lo que trae como consecuencia que, casi siempre, cuando hay fuertes lluvias se sobrepasan los niveles del cauce debido a que se bloquean las construcciones hidráulicas de este, causando inundaciones. Paralelamente, la descomposición orgánica de la basura acumulada en este cuerpo de agua, genera la presencia de agentes patógenos causando enfermedades que afectan la Salud Pública de los habitantes de esta cuenca.

Un proyecto destinado al manejo de los Residuos Sólidos en esta zona es sumamente importante, no solo porque regula o se mantiene limpio el cuerpo físico del arroyo, sino que también ayuda a mitigar los factores de riesgo que atentan contra la salud y medio ambiente. Por esta razón este proyecto debe estar acompañado de un programa en educación ambiental que concientice a esta población, y que cuente con el apoyo de las autoridades locales y corporaciones ambientales.

5. Estimular a las corporaciones y autoridades locales para que realicen proyectos de educación ambiental en los barrios que se encuentran alrededor de la cuenca.

Para un proyecto ambiental que tiene como objeto mitigar un problema, es fundamental el tema de la educación ambiental, ya que este da a conocer la razón por la cual se realiza, y también ayuda al cambio de actitudes o costumbres humanas que influyen en el problema. Para este proyecto es fundamental tener en cuenta la educación ambiental, debido a que las personas de las viviendas que se encuentran alrededor del arroyo no tienen conciencia del por qué ocurren las inundaciones que padecen. También trae como importancia este proyecto, el educar a las personas en cuanto al manejo y disposición de los residuos sólidos

urbanos, teniendo en cuenta la higiene, ya que muchos arrojan las basuras directamente al arroyo causando deterioro del ambiente y sus alrededores.

Las entidades públicas ambientales y autoridades locales del municipio de Turbaco y el Distrito de Cartagena juegan un papel importante en esta problemática, porque son instituciones que tienen la facultad de ejecutar proyectos de educación ambiental para esta zona. Sin embargo para este proyecto, el logro de las metas debe ser a largo plazo, con el fin de que se amplíe la cobertura, y así lograr concientizar toda la población que influye en esta problemática. Es importante el acompañamiento institucional de las ONG y fundaciones con competencia en este tema y de empresas prestadoras de servicios de salud; y también a través de proyectos de responsabilidad social corporativa dados por las universidades o empresas.

6. Fortalecer los POT de Cartagena y Turbaco en el área de conservación de la cuenca.

La inconsistencia que existe en el POT del municipio de Turbaco es una desventaja para conservar la cuenca arroyo Matute, debido a que hay contradicciones dentro de él. En el contenido del POT la cuenca aparece como zona de protección ambiental<sup>14</sup> (o sea patrimonio ecológico) y por otra parte figura como zona urbanizable siempre y cuando los proyectos urbanísticos se separen 200 metros de la carretera Troncal de Occidente<sup>15</sup>, lo cual entra en el perímetro que comprende la cuenca. De esta forma, si se quieren mitigar los problemas de las inundaciones, teniendo como prioridad conservar esta zona e impedir que se sigan desarrollando proyectos de vivienda, se debe reformar el POT, para establecer los parámetros y condiciones de uso de esta zona.

La conservación de esta valiosa cuenca depende mucho de lo que se establezca en los POT de Turbaco y Cartagena, es por esto que se deben promover proyectos de acuerdo en los Concejos del municipio y Distrito para acabar con las inconsistencias que existen en los POT. De esta manera se deben establecer para esta zona actividades que ayuden a mantener y conservar la cuenca, como ecoturismo, parques, cultivos ornamentales y patrimonio paisajístico. La importancia de fortalecer el POT de ambos entes territoriales es debido a que la zona afectada por las inundaciones se encuentra entre los límites de ambos, teniendo como territorio común la cuenca Matute.

---

<sup>14</sup> POT de Turbaco, Artículo 89 y 89.

<sup>15</sup> POT de Turbaco, Normas para el área de conurbación, Título 1, Artículo 3 y 55.

## 7. Plan de manejo de las aguas residuales domesticas

La falta de los servicios de agua y alcantarillado en esta zona son factores que afectan el consumo hídrico y la calidad del agua del arroyo, debido a que las viviendas, fincas, viveros y otros establecimientos que están en ella, tienen que recurrir a utilizar el arroyo como cuerpo para abastecer sus necesidades en el consumo de agua y para vertimientos de aguas residuales producto de las actividades domésticas. Los resultados de las muestras tomadas en los puntos donde hay actividades domésticas y agrícolas, describen cómo se afecta la calidad del agua, en los aspectos físico-químico y microbiológico. Todo esto es causado por los pozas sépticas, detergentes y agroquímicos utilizados en las actividades humanas.

Es importante establecer un plan de aguas residuales domésticas, para mantener la calidad del agua de este cuerpo, con el fin de evitar posibles enfermedades en la salud humana y animal; es decir, que el uso de estas aguas sólo sean para abastecer algunas necesidades caseras y agrícolas, sin verter en este los residuos líquidos.

## 8. Plan de manejo para el consumo de recurso hídrico.

Un plan de manejo para el consumo de recurso hídrico de este cuerpo es importante debido al vertiginoso crecimiento de las actividades humanas, acompañado del crecimiento poblacional y el desordenado consumo para satisfacer sus actividades agrícolas y domésticas y la contaminación generada; todo esto está comprometiendo la disponibilidad de este recurso, a pesar de que es fundamental mantenerlo con un caudal ideal para proteger y conservar el ecosistema animal, acuático y vegetal.

Esta propuesta de gestión se debe llevar a cabo de forma multiparticipativa, donde en las decisiones de acción deben estar incluidos todos los interesados como la comunidad (empresas, organizaciones no gubernamentales, asociaciones de vecinos, universidades, etc.) y los tomadores de decisiones (municipio, Distrito y entidades públicas ambientales).

## CONCLUSIONES

En el trabajo investigativo basado en la caracterización hidrológica del Arroyo de Matute, se pudo establecer que éste posee una longitud cercana a los 10 Km, y que hace su recorrido entre el municipio de Turbaco, en el Departamento de Bolívar, hasta llegar a la Ciénaga de la Virgen, en el Distrito Turístico y Cultural de de Cartagena de Indias, la que dado a la cantidad de vertimientos de aguas servidas se considera, hoy día, la cloaca de la ciudad.

El arroyo de Matute, en condiciones normales transporta las aguas lluvias. Hoy por hoy, presenta disminución en su cauce por las invasiones humanas asentadas en sus orillas, el vertimiento de residuos sólidos, además del incremento del caudal de escorrentías debido al cambio de usos del suelo, la tala indiscriminada de árboles y el deterioro ambiental de su cuenca.

Es así como las comunidades de los barrios de la Zona Sur Occidental de Cartagena, por donde hace su recorrido el arroyo de Matute, han sentido con el transcurrir de los años el incremento de los problemas de las inundaciones ocasionados por el desbordamiento de los arroyos y canales que conducen las escorrentías de las aguas lluvias hacia la Cienaga de la Virgen, lo que se ha incrementado ante la expansión urbana que ha sufrido la ciudad de Cartagena y la degradación de los ecosistemas naturales

En la cuenca objeto de esta investigación, millones de litros de agua, corren e inundan, en las épocas de fuertes aguaceros, barrios de los estratos bajos de la ciudad, donde se encuentran los cordones de pobreza y miseria de Cartagena. Se aplicaron las encuestas a los habitantes del barrio San José de Los Campanos y se pudo así identificar que los predios desde donde provienen las aguas, en su mayor parte son destinados a fincas, y que estas inundaciones han ocasionando pérdidas materiales que ascienden muchas veces a la suma de \$2.500.000 en cada temporada invernal. Igualmente se pudo determinar que existe la necesidad de recolección de agua, lo que contribuiría a disminuir la escorrentía y con ello los riesgos a sufrir inundaciones.

Dentro de los impactos se pudo determinar la contaminación ocasionada por el vertimiento de aguas servidas, el arrastre de todo tipo de desechos en época de lluvias. La calidad de agua mostró altos niveles de contaminación, que se van incrementando a medida que se aleja de su nacimiento, esto debido a que los habitantes de las orillas además de causar la degradación del medio ambiente, ante la tala indiscriminada de los árboles, utilizan el cauce del arroyo dada la ausencia de recolección de basuras y alcantarillado.

Se formularon posibles soluciones, dentro de las que se encuentra el diseño de humedales, en los cuales crecen vegetales, animales y microorganismos especialmente adaptados a las condiciones ambientales. Estos son capaces, junto con procesos físicos y químicos de depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógenos, y en algunos casos, productos químicos tóxicos.

La construcción de represas, al igual que la construcción de estructuras de almacenamiento y liberación controlada, son otras de las soluciones propuestas para controlar las inundaciones, aprovechar el agua para el suministro de agua para usos domésticos y de riego.

Al diseñar y ejecutar las medidas de reforestación de acuerdo a la metodología de compensación, se garantiza la generación del menor impacto negativo y la potenciación de los impactos positivos causados en el medio ambiente, en sus medios físico, biótico y social.

Es necesario impulsar un cambio en los planes de ordenamiento territorial (POT) ya que actualmente estos prohíben el represamiento de aguas, ya que el sentido de la norma es evitar que los propietarios de predios ubicados en la parte alta monopolicen los ríos o corrientes naturales, en detrimento de los predios ubicados en la parte baja. La propuesta es que los POT sean lo suficientemente descriptivos y que pueda distinguirse los casos y condiciones para los represamientos como los que aquí se proponen.

Finalmente se desarrollaron propuestas de Gestión Ambiental, que van desde la incentivar a los propietarios de los predios que se encuentran dentro de la cuenca para que construyan reservorios, hasta el cambio en la reglamentación en lo referente a la conservación y aprovechamiento del recurso hídrico.

## **BIBLIOGRAFIA**

Alcaldía de Cartagena. Plan Parcial del triangulo de desarrollo social. 2003.

BUTLER, D.; Davies, J. W. (2000); "Urban Drainage"; London and New York: E & FN Spon; ISBN 0-419- 22340-1.

CANO AMADOR, A. J. (1996); "Contaminación de la escorrentía superficial en un Área metropolitana de la ciudad de Santander", Tesina de Master, dirigida por Tejero Monzón, J. I.; Santander: Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria.

CASTRO FRESNO, Daniel; Jorge Rodríguez Hernández & Joseba Rodríguez Bayón "Sistemas urbanos de drenaje sostenible"

Cardique. Conservación Internacional - Plan de Ordenamiento y manejo de la Cuenca hidrográfica de la Ciénaga de la Virgen. 2002.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. CIOH - DIMAR. Caracterización y Diagnóstico integral de la zona costera comprendida desde Galerazamba y Bahía Barbacoa. Tomo II. Caracterización. Convenio CIOH – Cardique. Cartagena, Colombia 1998

CIRIA C521 (2000); "Sustainable urban drainage systems, design manual for Scotland and Northern Ireland"; Edición 2001, London: CIRIA; ISBN: 0 86017 521 9.

CIRIA C522 (2000); "Sustainable urban drainage systems, design manual for England and Wales"; Edición de 2001, London: CIRIA; CIRIA C522, Environment Agency report W230; ISBN: 0 86017 522 7 CIRIA C523 (2001); "Sustainable urban drainage systems, best practice manual for England, Scotland, Wales and Northern Ireland"; Edición de Noviembre 2001, London: CIRIA; CIRIA C523; ISBN: 0 86017 5235.

CORTÉS, O. IDEAM. Condiciones e indicadores ambientales en Colombia. Informe No. 79. Bogotá, Colombia. 1999.

DAVIES, J. W.; Pratt, C. J.; Scott, M. A. (2002); "Laboratory study of permeable pavement systems to support hydraulic modelling"; Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage (9ICUD).

DUQUE Y Caro. Estilo Estructural Y Diapirismo Y Episodios Del Crecimiento Del Terreno Del Sinú – San Jacinto En El Noroccidente De Colombia. Boletín Geologico Volumen Xxvii. No. 2. Ingeominas. Bogotá. 1984.

Estinco Ltda. Caracterización del medio físico de la cuenca de la Ciénaga de la Virgen. Inderena. Cartagena. 1988.

HAZEN & Sawyer. Emisario Submarino de Cartagena. Estudio De Factibilidad. Informe Final. Acuacar. Cartagena 1998.

HASKONING & Carinsa. Estudios de diseños de la Bocana de marea estabilizada en la Ciénaga de la Virgen. Cartagena, Colombia 1996.

HUGUETT, Alcides. Resumen de la Hidrogeología de los Departamentos de Atlántico y Bolívar al Norte del Canal del Dique. Ingeominas. Bogotá. 1988.

Inge A.T. de Kort, Martijn J. Booij . Decision making under uncertainty in a decision support system for the Red River ScinceDirect

JIMÉNEZ GALLARDO, B. R. (1999); "Contaminación por escorrentía urbana"; Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Colección SEINOR No. 22; ISBN: 84-380-0157-2

Ministerio de Desarrollo Económico Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

National SUDS Working Group (2003); "Framework for Sustainable Drainage Systems (SUDS) in England and Wales"; TH-5/03-3k-C-BHEY PUEHMEIER, T., Coupe, S. J., NEWMAN, A. P., SHUTTLEWORTH, A., Pratt, C. J. (2004); "Recent developments in oil degrading pervious pavement systems improving sustainability"; NOVATECH'2004, Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, 5 International Conference; Lyon: Graie; ISBN: 2- 9509337-6-9, págs. 811-818

Neotrópicos. EIA del Plan de Manejo de Aguas Residuales de Cartagena de Indias. ACUACAR. Cartagena. 1999.

OSTER R. 1979. Las precipitaciones en Colombia. En: Colombia geográfica. IGAC. vol.6. No. 2.144p.

RANGEL, E. Estudio de Precipitación para la Costa Norte de Colombia. Publicación Aperiódica HIMAT No. 46. Bogotá, 1984.

ROMERO, Jairo Alberto. Calidad del Agua. Editorial Escuela Colombiana Noviembre 2002.

SANCHEZ RUBIO, Luís Fernando. Proyecto de diagnostico Ambiental del Arroyo de Matute y su Área de influencia. Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena.

SEPA, Environment Agency, Environmental and Heritage Service (2001); "Sustainable urban drainage systems: an introduction"; Catálogo informativo publicado por: Scottish Environment Agency (SEPA), Environment Agency, Environment and Heritage Service; Reino Unido

Universidad de San Buenaventura. IEA. El Arroyo de Matute, eje ambiental de la Universidad y pedagógico de la didáctica ambiental. 2003.

Universidad de Cartagena. Tesis de grado. Modelo Hidrológico e hidráulico de la cuenca del Arroyo Matute 1996.

Universidad de Cartagena. Tesis de grado. Enovaldo Herrera. Análisis hidrológico de la cuenca del Arroyo Matute. 2007.

Viers, Georges. (1975) Climatología. Ed. Oikos-Tau. Barcelona.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Encuesta realizada en el barrio San José de los Campanos

Número de Hogares encuestados: 874

Tipo de Encuesta: Directa

Fecha: Enero y Febrero de 2007

Cuerpo de la Encuesta

Dirección: \_\_\_\_\_

Tipo de vivienda: Bloques \_\_\_ Madera \_\_\_ Otro \_\_\_

Número de Habitantes: \_\_\_\_\_

Servicios:

Agua:\_\_\_ Alcantarillado: \_\_\_ Gas:\_\_\_ Rec. Basuras:\_\_\_\_\_

Ha tenido problemas de inundaciones: Si \_\_\_ No\_\_\_

En que años:\_\_\_\_\_

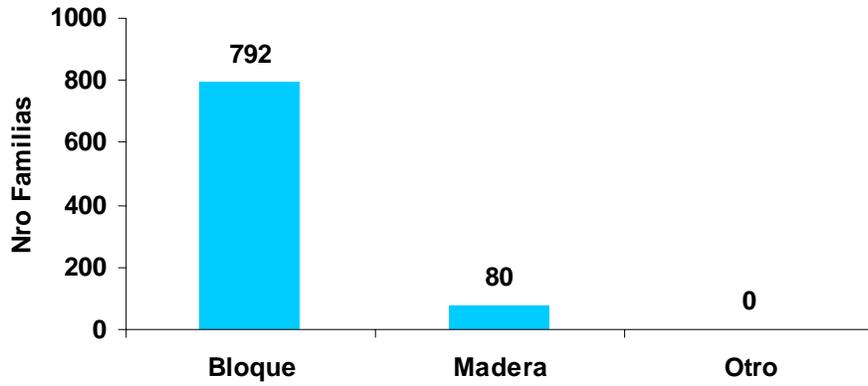
Hasta que altura subió el agua: \_\_\_\_\_ mts

Que se le dañó con las inundaciones:

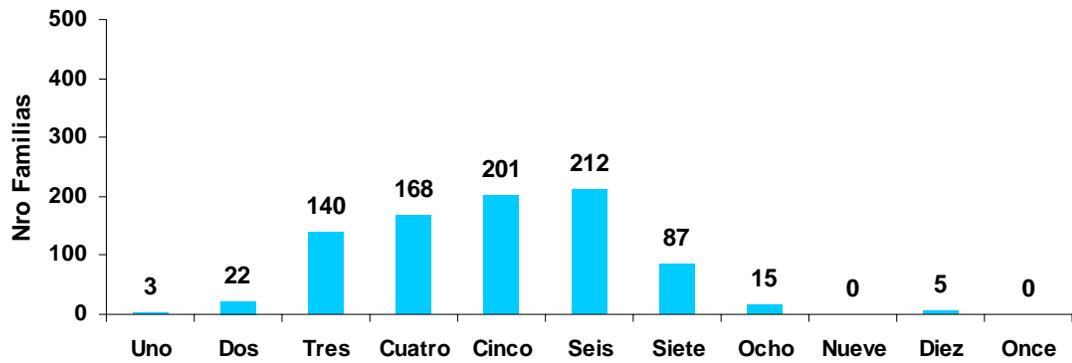
- Nevera
- Televisor
- Equipo de sonido
- Ventiladores
- Lavadora
- Muebles
- Camas
- Colchones

En cuanto estima el valor de los daños: \_\_\_\_\_

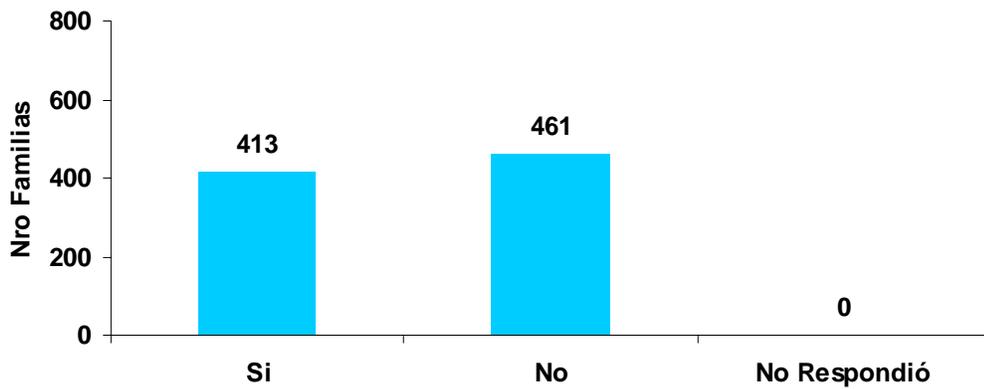
**Tipo de Vivienda**



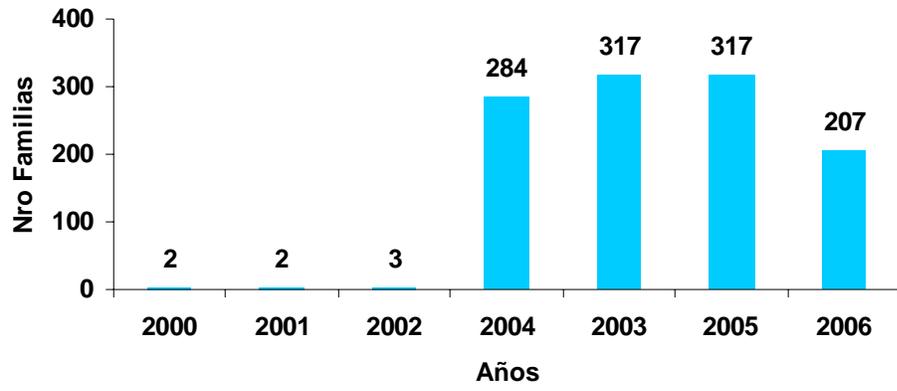
**Nro de Habitantes**



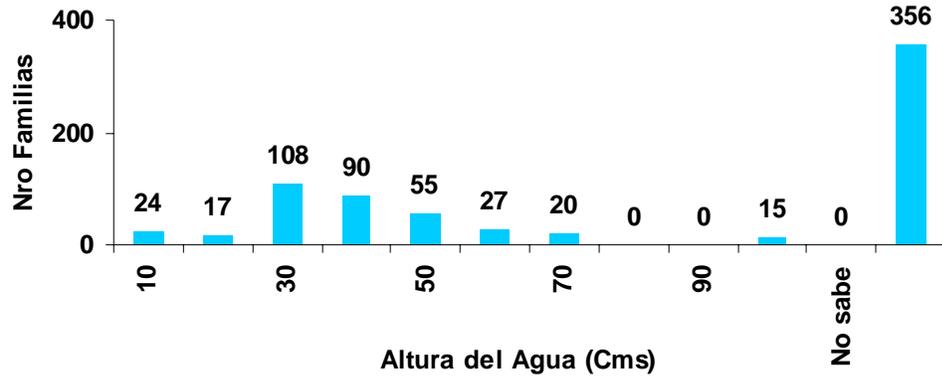
**Problemas de Inundaciones**

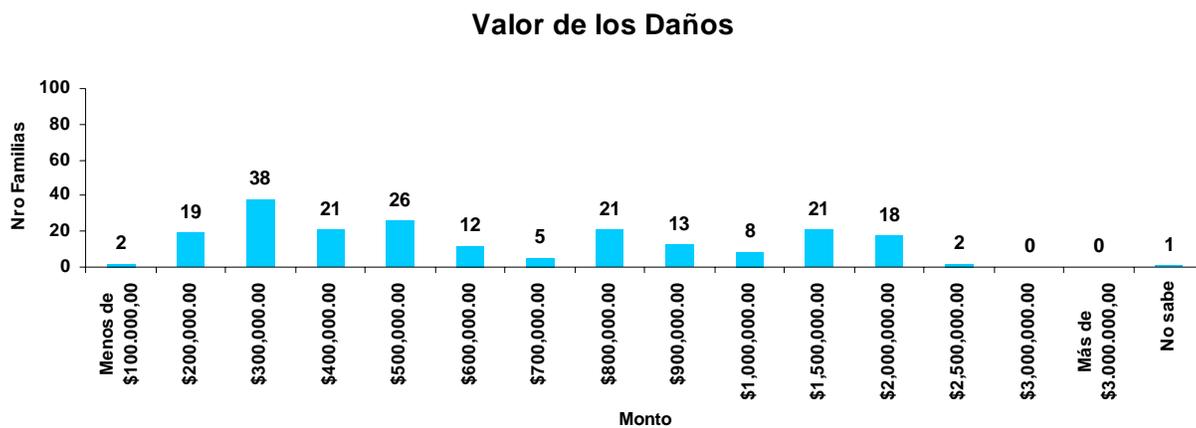
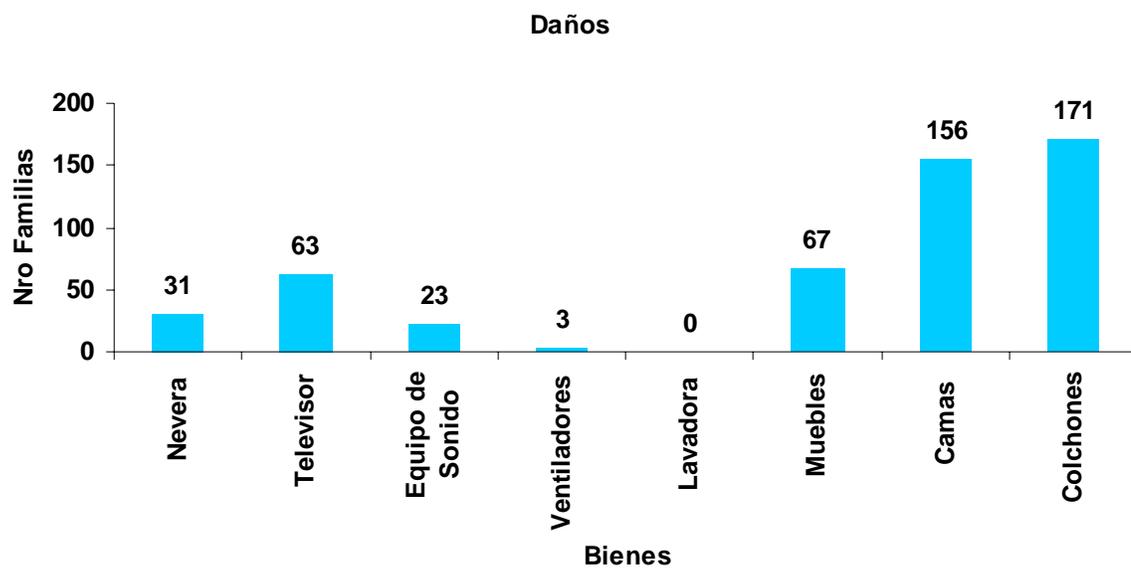


**Año de la Inundación**



**Nivel Máximo del Agua**





**ANEXO 2. Encuesta realizada a los habitantes de la cuenca**

- Número de Predios encuestados: 15
- Tipo de Encuesta: Directa
- Fecha: Abril de 2007
- Cuerpo de la Encuesta

Nombre del predio: \_\_\_\_\_

Propietario/Habitante: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_ Ubicación: N 10° \_\_ ' \_\_ '' W75o \_\_ ' \_\_ ''

Tipo de explotación:

Finca: \_\_\_ Colegio: \_\_\_ Estadero: \_\_\_  
Restaurante: \_\_\_ Otros: \_\_\_

Sistemas de almacenamiento de aguas:

Represa: \_\_\_ Jagüey: \_\_\_ Desvío del cauce: \_\_\_  
Capacidad estimada: \_\_\_\_\_

Desarrollos futuros:

Urbanización: \_\_\_ Recreacional: \_\_\_ Hotelero: \_\_\_ Maderero: \_\_\_  
Venta: \_\_\_ Otro: \_\_\_\_\_

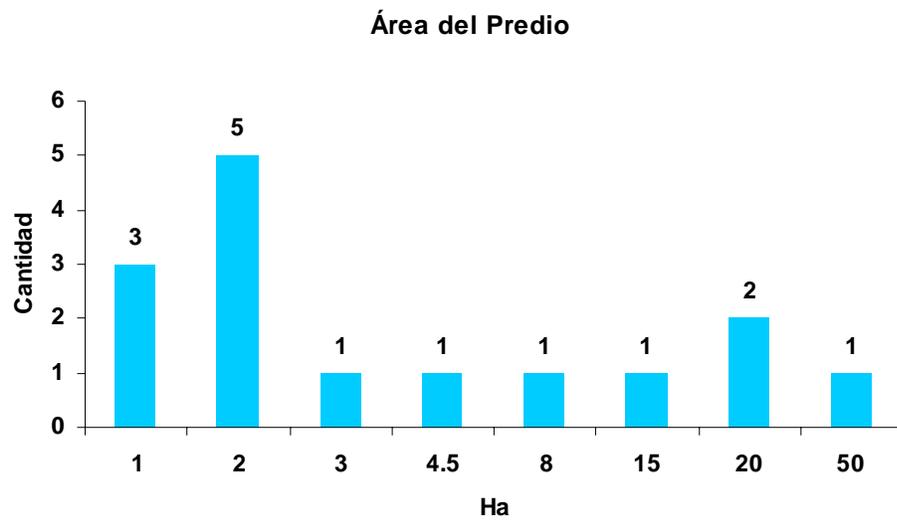
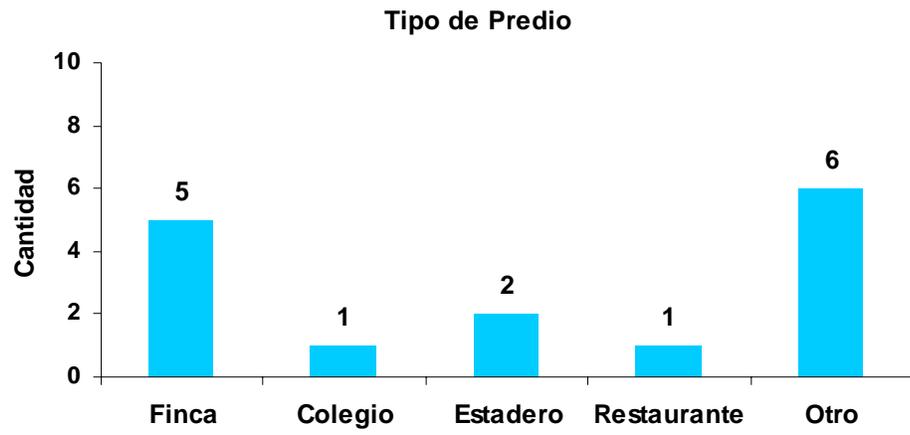
Para el desarrollo de las actividades actuales o futuras en su predio enfrenta dificultades de abastecimiento?

\_\_\_\_\_

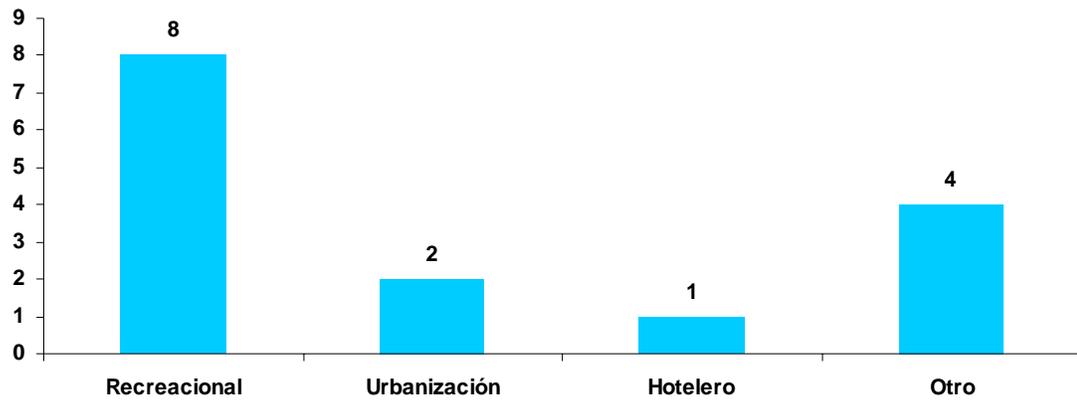
En que épocas o meses del año?

\_\_\_\_\_

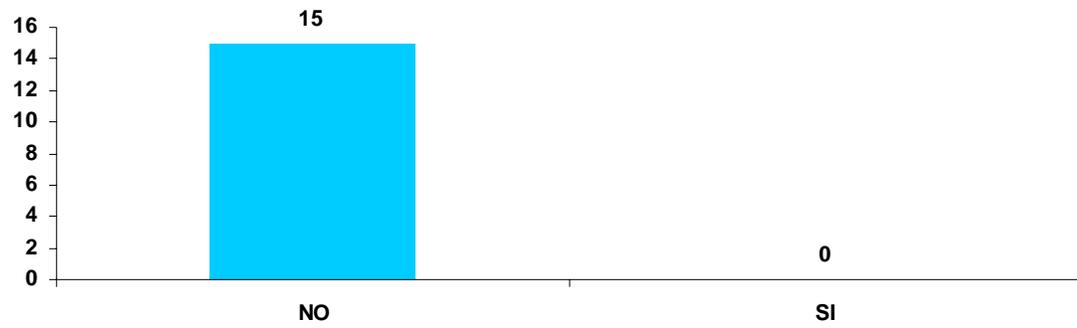
\_\_\_\_\_



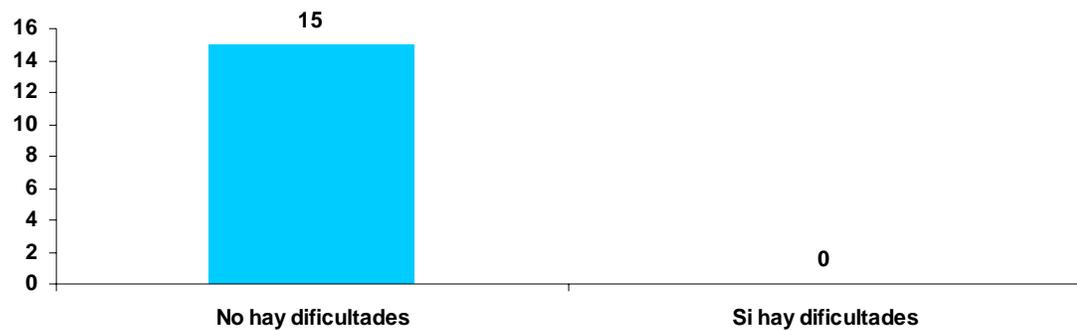
### Desarrollos Futuros



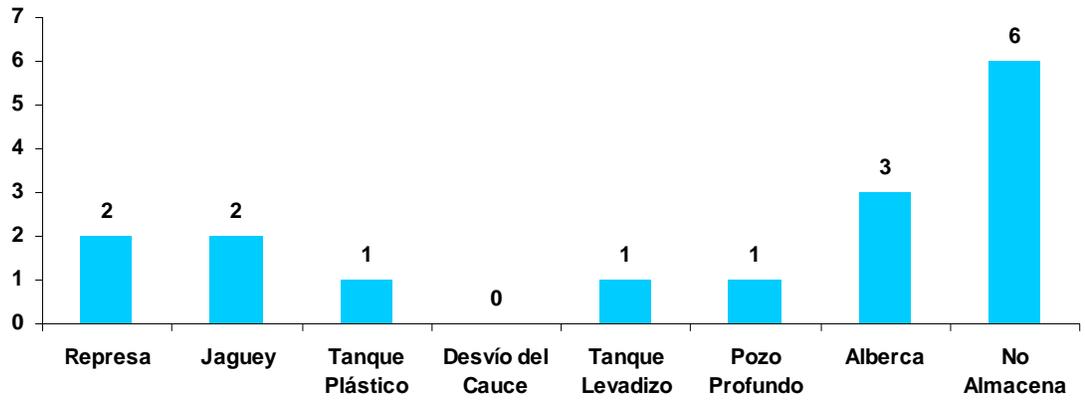
### Dificultades de Abastecimiento



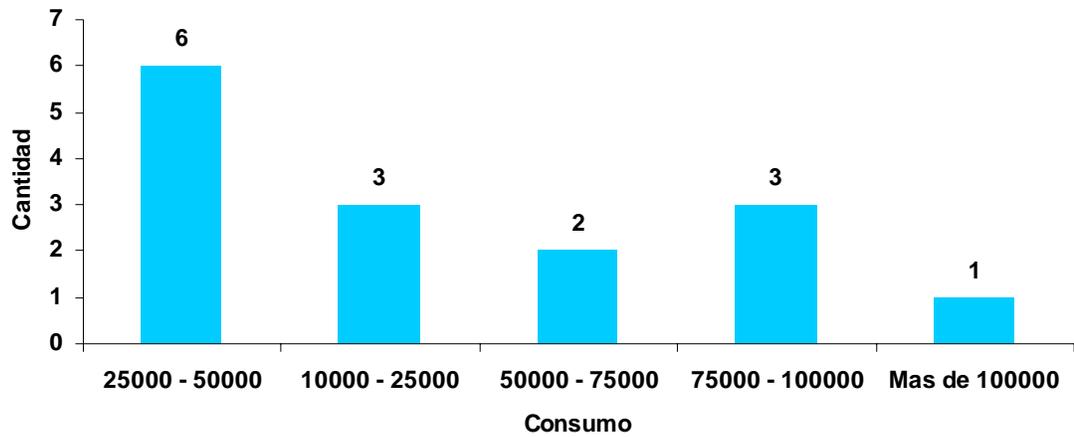
### En que época o mesese del año enfrenta dificultades de abastecimiento?



Sistema de Almacenamiento de Agua



Consumo M3 por Año



### ANEXO 3. Análisis del agua en las diferentes secciones clasificadas del Arroyo Matute



GOBERNACION DE BOLIVAR  
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD

1

LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PÚBLICA  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Muestra No 006	Fecha de recibo: Junio 21/07.
Fecha de toma : Junio 21/07	Recolector: Jorge Vásquez. T. S.
Lugar de recolección :Arroyo Matute	Punto de recolección. Nacedero Jardín Botánico.
Municipio.Turbaco.	Agua cruda.

INFORME DE RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS
pH	6,9
Turbiedad	1,1 U N T
Conductividad	611 Umhos/Cm.
Cloruros	29. mg/L Cl.
Alcalinidad	280 mg/L CaCo3
Dureza total	274 mg/L CaCo3
Dureza calcica	126 mg/L CaCo3
Sulfatos	9.0 mg/L SO4
Cloro residual	-----
Sólidos totales disuelto	0.3 o/oo
Coliformes totales	2.300 UFC/ 100 ml
Coniformes fecales	Cero...UFC/100 ml

PROFESIONAL UNIVERSITARIO.

Fecha de emisión. Junio 25/07.

Cartagena - Centro. Calle de la Serrezuela # 39-113 Barrio San Diego  
Telefax: 6648974-6640084





GOBERNACION DE BOLIVAR  
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD

2

LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PÚBLICA  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Muestra No : 005	Fecha de recibo: Junio 21/07.
Fecha de toma : Junio 21/07	Recolector: Jorge Vásquez. T. S.
Lugar de recolección :Arroyo Matute	Punto de recolección: sector Tránsito Reten.
Municipio. Turbaco.	Agua cruda.

INFORME DE RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS
pH	7.8
Turbiedad	1.7 UNT
Conductividad	501 Umhos/Cm.
Cloruros	29. mg/L Cl.
Alcalinidad	182.. mg/L CaCo3
Dureza total	244 mg/L CaCo3
Dureza calcica	162 mg/L CaCo3
Sulfatos	2,3 .mg/L SO4
Cloro residual	-----
Sólidos totales disuelto	0.2 o/oo
Coliformes totales	1680 UFC/ 100 ml
Coniformes fecales	1500 UFC/100 ml

  
PROFESIONAL UNIVERSITARIO.

Fecha de emisión. Junio 25/07.

Cartagena - Centro. Calle de la Serrezuela # 39-113 Barrio San Diego  
Telefax: 6648974-6640084





GOBERNACION DE BOLIVAR  
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD

3

LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PÚBLICA  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Muestra No : 004	Fecha de recibo: Junio 21/07.
Fecha de toma : Junio 21/07	Recolector: Jorge Vásquez. T. S.
Lugar de recolección :Arroyo Matute	Punto de recolección: sector cementerio de turbaco
Municipio. Turbaco..	Agua cruda.

INFORME DE RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS
pH	8.0
Turbiedad	64.5 UNT
Conductividad	604. Umhos/Cm.
Cloruros	43. mg/L Cl.
Alcalinidad	246 mg/L CaCo3
Dureza total	320 .mg/L CaCo3
Dureza calcica	156. mg/L CaCo3
Sulfatos	48..mg/L SO4
Cloro residual	-----
Sólidos totales disuelto	0.3 o/oo
Coliformes totales	12.100 UFC/ 100 ml
Coniformes fecales	5.200 ...UFC/100 ml

PROFESIONAL UNIVERSITARIO.

Fecha de emisión. Junio 25/07.

Cartagena - Centro. Calle de la Serrezuela # 39-113 Barrio San Diego  
Telefax: 6648974-6640084





GOBERNACION DE BOLIVAR  
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD

4

LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PÚBLICA  
ANALISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Muestra No : 003	Fecha de recibo: Junio 21/07.
Fecha de toma : Junio 21/07	Recolector: Jorge Vásquez. T. S.
Lugar de recolección :Arroyo Matute	Punto de recolección: Antenas de RCN.
Municipio. Turbaco..	Agua cruda.

INFORME DE RESULTADOS

ANALISIS	RESULTADOS
pH	8.0.
Turbiedad	68 UNT
Conductividad	613. Umhos/Cm.
Cloruros	45 .mg/L Cl.
Alcalinidad	252.. mg/L CaCo3
Dureza total	316..mg/L CaCo3
Dureza calcica	190.. mg/L CaCo3
Sulfatos	43..mg/L SO4
Cloro residual	-----
Sólidos totales disuelto	0.3 o/oo
Coliformes totales	14.000..UFC/ 100 ml
Coniformes fecales	4.000...UFC/100 ml

PROFESIONAL UNIVERSITARIO.

Fecha de emisión. Junio 25/07.

Cartagena - Centro. Calle de la Serrezuela # 39-113 Barrio San Diego  
Telefax: 6648974-6640084





5

**GOBERNACION DE BOLIVAR  
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD**

LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PÚBLICA  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

Muestra No : 002	Fecha de recibo: Junio 21/07.
Fecha de toma : Junio 21/07	Recolector: Jorge Vásquez. T. S.
Lugar de recolección : Arroyo Matute	Punto de recolección: Sector Comfamiliar.
Municipio. Turbaco..	Agua cruda.

**INFORME DE RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS
pH	8.0.
Turbiedad	61.5 U N T
Conductividad	616 Umhos/Cm.
Cloruros	47 mg/L Cl.
Alcalinidad	256. mg/L CaCo3
Dureza total	312.mg/L CaCo3
Dureza calcica	180. mg/L CaCo3
Sulfatos	42 mg/L SO4
Cloro residual	-----
Sólidos totales disuelto	0.3 0/00
Coliformes totales	13.300 .UFC/ 100 ml
Coniformes fecales	5.500..UFC/100 ml

PROFESIONAL UNIVERSITARIO.

Fecha de emisión. Junio 25/07.

Cartagena - Centro. Calle de la Serrezuela # 39-113 Barrio San Diego  
Telefax: 6648974-6640084

