

**EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS CAÑOS LA LAVANDERA Y LAS
CAMELIAS QUE VIERTEN SUS AGUAS EN LA CIÉNAGA DEL MIRAMAR EN
BARRANCABERMEJA, COLOMBIA**

Ana Sharelys Cárdenas Pérez

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

**EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS CAÑOS LA LAVANDERA Y LAS
CAMELIAS QUE VIERTEN SUS AGUAS EN LA CIÉNAGA DEL MIRAMAR EN
BARRANCABERMEJA, COLOMBIA**

Ana Sharelys Cárdenas Pérez
Ingeniera Ambiental

Monografía presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Química Ambiental

Director:
Ricardo Restrepo
Biólogo
Especialista en Ingeniería Ambiental UPB
Especialista en Química Ambiental UIS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVO GENERAL	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5. MARCO REFERENCIAL	19
5.1 MARCO NORMATIVO	19
5.1.1 Decreto 1594 de 1984.	19
5.1.2 Normas de vertimiento.	19
5.1.3. Decreto 901 de 1997 (Derogado por el 3100 de 2003).	20
5.1.4 Decreto 3100 de 2003.	20
5.1.5. Decreto 3930 de 2010.	22
5.1.6 Otras normas referentes a aguas.	25
5.2 CONCEPTOS Y GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AREA DE ESTUDIO.	26
5.2.1 Localización y caracterización del área de estudio.	26
5.2.1.1 Barrancabermeja.	26
5.2.1.2. Quebrada Las Camelias.	27
5.2.1.3 Quebrada La Lavandera.	28
5.3 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.	29
5.4 PRUEBAS DE TOXICIDAD O BIENSAYOS	30
5.4.1 Tipos de Bioensayos.	31
5.4.1.1 Bioensayos agudos.	31
5.4.1.2 Bioensayos crónicos.	31
5.4.1.3. Selección de especies.	32
5.4.1.4. Bioensayo en larvas <i>Culex quinquetasciatus</i>.	32

5.4.1.5. <i>Bioensayo de toxicidad aguda con semillas <i>Lactuca sativa</i> L.</i>	33
6. METODOLOGÍA	35
6.1 RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.	35
6.2 TRABAJO DE CAMPO.	35
6.3 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.	36
6.3.1 <i>Diagnóstico.</i>	36
6.3.2 <i>Análisis estadístico con el método Probit.</i>	37
6.3.3 <i>Análisis de los resultados con una sustancia de referencia.</i>	37
6.3.4 <i>Propuesta de solución.</i>	37
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
7.1 LAS CAMELIAS.	38
7.1.1 <i>Densidad de población.</i>	39
7.1.2 <i>Morbilidad.</i>	40
7.1.3 <i>Servicios públicos.</i>	40
7.1.4 <i>Problemática existente en el área de estudio.</i>	41
7.1.4.1. <i>Deficiencias en el servicio de alcantarillado.</i>	41
7.1.4.2. <i>Deficiencias en el servicio de recolección de residuos sólidos.</i>	41
7.1.4.3. <i>Irregularidad del tejido urbano.</i>	42
7.1.4.4. <i>Invasión de las rondas de los cuerpos de agua.</i>	42
7.2 LAS LAVANDERAS.	42
7.2.1 <i>Densidad de población.</i>	43
7.2.2 <i>Morbilidad.</i>	43
7.2.3 <i>Servicios públicos.</i>	44
7.2.4 <i>Problemática existente en el área de estudio.</i>	45
7.2.4.1. <i>Deficiencias en el servicio de alcantarillado.</i>	45
7.2.4.2. <i>Deficiencias en el servicio de recolección de residuos sólidos.</i>	46
7.2.4.3. <i>Irregularidad del tejido urbano.</i>	46
7.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES BASADA EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOENSAYOS.	48
7.3.1. <i>pH.</i>	49

7.3.2. <i>Temperatura del agua.</i>	50
7.3.3. <i>Oxígeno disuelto.</i>	51
7.3.4 <i>Conductividad.</i>	52
7.3.5 <i>Sólidos.</i>	53
7.3.6 <i>Sólidos suspendidos.</i>	53
7.3.7 <i>Sulfatos.</i>	54
7.3.8 <i>Sulfuros.</i>	55
7.3.9 <i>Metales.</i>	55
7.3.10. <i>Tensoactivos.</i>	57
7.3.11 <i>Parámetros fisicoquímicos evaluados durante la realización de la monografía.</i>	58
7.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES BASADA EN BIOENSAYOS.....	59
7.4.1. <i>Bioensayos con semillas de Lactuca sativa L.</i>	59
7.4.1.1 <i>Inhibición del hipocótilo.</i>	59
7.4.1.2 <i>Inhibición del desarrollo de la raíz.</i>	62
7.4.2 <i>Bioensayo con larvas de zancudo Culex quinquefasciatus.</i>	65
7.5. RESULTADOS DE ENCUESTAS.....	67
8. CONCLUSIONES	69
9. RECOMENDACIONES	71
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de Barrancabermeja	26
Figura 2. Delimitación y caracterización de quebrada Las Camelias.	27
Figura 3. Delimitación y caracterización de quebrada La Lavandera.	28
Figura 4. Impactos ambientales asociados a las actividades antrópicas.	47
Figura 5. Registro de pH en los puntos de monitoreo.	50
Figura 6. Registro de temperatura en los puntos de monitoreo.	50
Figura 7. Registro de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo.	51
Figura 8. Registro de conductividad en los puntos de monitoreo.	52
Figura 9. Variación hipocótilo entre monitoreos.	60
Figura 10. Variación hipocótilo entre puntos de monitoreo.	61
Figura 11. Variación raíz entre monitoreos.	63
Figura 12. Variación raíz entre puntos de monitoreo.	64
Figura 13. Resultados de encuestas aplicadas a muestra de población en el área de influencia de Las Camelias y Las Lavanderas.	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros de referencia para vertimientos en cuerpos de agua.	19
Cuadro 2. Características típicas del agua residual municipal.	29
Cuadro 3. Índice de Morbilidad en Las Camelias.	40
Cuadro 4. Servicios públicos en Las Camelias.	40
Cuadro 5. Morbilidad en Las Camelias.	44
Cuadro 6. Servicios públicos.	44
Cuadro 7. Residuos sólidos totales y suspendidos en los puntos de monitoreo. ...	53
Cuadro 8. Sulfatos presentes en los puntos de monitoreo.	54
Cuadro 9. Metales presentes en puntos de monitoreo.	55
Cuadro 10. Concentración de otros metales presentes en los puntos de monitoreo según resultados de análisis del 2010.	56
Cuadro 11. Caracterización de las aguas residuales.	58
Cuadro 12. Caracterización de las aguas residuales.	59
Cuadro 13. Resultados de bioensayos en semillas de Lactuca sativa L.	65
Cuadro 14. Resultados de bioensayos en larvas.	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta.	75
Anexo 2. Monitoreo vertimiento Las Lavanderas.	76
Anexo 3. 50 m abajo de Las Lavanderas.	77
Anexo 4. Aguas abajo de Las Camelias.	78
Anexo 5. Trabajo de laboratorio.	79

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS CAÑOS LAS LAVANDERAS Y LAS CAMELIAS QUE VIERTEN SUS AGUAS EN LA CIÉNAGA DEL MIRAMAR EN BARRANCABERMEJA, COLOMBIA*

AUTOR: Ana Sharelys Cárdenas Pérez**

PALABRAS CLAVES: ACTIVIDADES ANTRÓPICAS, AGUA RESIDUAL, BIOENSAYOS, CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, CIÉNAGA MIRAMAR, MÉTODO PROBIT, MORBILIDAD, SERVICIOS PÚBLICOS.

CONTENIDO: El hecho de que Colombia posea una gran variedad de recursos naturales y la relativa abundancia de estos, son parte de las causas por las que no se tiene en cuenta colectivamente la contaminación y el deterioro de dichos recursos. El municipio Barrancabermeja es un ejemplo de ello; el crecimiento acelerado e inadecuado de asentamientos humanos que carecen en buena parte de servicios de saneamiento básico y la carencia de sistemas de alcantarillado ordenado que evite el drenaje de aguas residuales a los cuerpos hídricos más cercanos como ciénagas, arroyos, quebradas, entre otros.

La ausencia de estudios toxicológicos correlacionados con análisis fisicoquímicos en efluentes residenciales, las continuas quejas por parte de la población debido al deterioro de los cuerpos de agua naturales, por la falta de un sistema de alcantarillado eficiente y teniendo en cuenta el riesgo social, económico y ecológico se desarrolló esta investigación que permite evaluar toxicológicamente los caños de La Lavandera y Las Camelias que vierten sus aguas en La Ciénaga del Miramar en Barrancabermeja. El trabajo se estructuró en 3 etapas principales: el análisis de la información histórica sobre la caracterización de los caños Las Camelias, Las Lavanderas y de la Ciénaga del Miramar. En segundo lugar el estudio fisicoquímico ecotoxicológico de los vertimientos de Las Lavanderas y Las Camelias.

Los análisis fisicoquímicos toxicológicos realizados evidencian el aporte de agentes tóxicos letales provenientes de las aguas residuales domésticas, que constituyen los caños Las Lavanderas y Las Camelias sobre la Ciénaga del Miramar. Se requiere un mayor compromiso para la preservación y recuperación del recurso hídrico en el área de estudio, tanto los entes gubernamentales como la comunidad deben participar en la implementación de un programa de saneamiento básico.

*Monografía

**Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental. Director: Ricardo Restrepo.

ABSTRACT

TITLE: TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PIPES THE WASHER AND CAMELLIA FLOWS INTO THE SWAMP OF MIRAMAR IN BARRANCABERMEJA, COLOMBIA*

AUTHOR: Ana Sharelys Cárdenas Pérez **

Keywords: FATTY ACIDS, UNHAIRING BATH, FLESHINGS, LEATHER, VEGETAL TANNING, DRUM, UNHAIRING, PICKLING, TANNINS.

CONTENT: The fact that Colombia holds a variety of natural resources and the relative abundance of these are part of the reason for not taking into account collectively pollution and deterioration of these resources. The municipality Barrancabermeja is one example, the rapid growth and inadequate human settlements largely lacking basic sanitation services and lack of sewerage systems ordered to prevent the drainage of wastewater into the nearest water bodies such as swamps, streams, creeks, among others.

The absence of toxicology studies correlated with residential effluent physicochemical analysis, the continuous complaints from the population due to the deterioration of natural water bodies, the lack of an efficient sewerage system and taking into account the social risk, economic and ecological research developed this toxicologically evaluates the pipes of the washer and Las Camelias that drain into the swamp of Miramar in Barrancabermeja. The work was divided into 3 main stages: the analysis of historical information on the characterization of the pipes Las Camelias, The Laundress and the Slough of Miramar. Second physicochemical ecotoxicological study the dumping of The Laundress and Las Camelias.

Physicochemical, toxicological analysis performed showed the contribution of lethal toxic agents from domestic sewage, which are the pipes The Laundress and Las Camelias on the Slough of Miramar. It requires a greater commitment to the preservation and recovery of water resources in the study area, both government agencies and the community should participate in the implementation of a sanitation program.

*Monograph

** Science Faculty, School of Chemistry. Environmental Chemical Specialization. Director: Ricardo Restrepo.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las investigaciones realizadas hasta la fecha se ha concentrado en los efectos tóxicos de los vertidos directos al medio ambiente natural del agua¹, que representan sólo una minoría de las aguas residuales industriales y domésticas. Además, la evaluación de toxicidad más directa (DTA) se ha llevado a cabo bioensayos mediante la adición de componentes tóxicos individuales o mixto a un sistema de prueba².

Los datos obtenidos de estas pruebas pueden subestimar los posibles efectos tóxicos de los desechos vertidos en el alcantarillado, en el que se combinan distintos tipos de residuos. Una serie de bioensayos se han utilizado con el fin de investigar el efecto de sustancias tóxicas en los ecosistemas acuáticos. Entre las pruebas biológicas que se han utilizado para la estimación de los efectos tóxicos de sustancias químicas sobre los organismos acuáticos se encuentran los procedimientos de micro escala que se han convertido en métodos rentables y son fáciles de operar. Se han utilizado diferentes técnicas para controlar las sustancias tóxicas, dirigidas a enfoques para evaluación de la toxicidad de efluentes industriales³. Por lo tanto, vale la pena investigar la existencia de sustancias tóxicas en aguas residuales domésticas.

En este sentido, tomando como caso específico los caños La Lavanderas y Las Camelias en el municipio de Barrancabermeja, donde se han enfrentado durante los últimos años problemas como el crecimiento de su población como consecuencia de múltiples factores sociopolíticos y socioeconómicos que se relacionan con la región, con la propia actividad y ubicación de la ciudad, lo cual se refleja en un crecimiento inadecuado de los seres humanos que carecen en

¹ Chapman, 2000.

² McFETTERS et al, 1983;. DTOX, 2000.

³ VANROLLEGHEM et al., 1994.

buena parte de servicios de saneamiento básico, donde los riesgos potenciales se hacen aun mayores y se extienden a toda la población si se tiene en cuenta que no se tiene un sistema de alcantarillado por lo que existe un gran número de vertimientos que drenan sus aguas residuales a los cuerpos hídricos más cercanos, ciénagas, arroyos, quebradas, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio considera la evaluación ecotoxicológica de los caños Las Lavanderas y Las Camelias que vierten sus aguas en la Ciénaga del Miramar, para de esta forma generar una información que determine el aporte de contaminantes que recibe este cuerpo de agua natural.

Esta investigación permite conocer la caracterización de la Ciénaga del Miramar en los últimos 10 años, además de correlacionar fiscoquimicamente y toxicológicamente los vertimientos. Además, permite compara los resultados obtenidos actualmente con registros anteriores de los vertimientos y cuerpo de agua receptor.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En general Colombia cuenta con una gran riqueza hídrica, tanto superficial como subterránea; aunque no está distribuida espacial y temporalmente de forma homogénea, en la mayoría de su territorio las condiciones hidrológicas, climáticas y topográficas garantizan una buena oferta de agua y una densa red hidrográfica. Sin embargo, en la mayoría de las regiones y municipios no se tienen políticas claras de ordenamiento para el uso de los recursos hídricos.

Los grandes asentamientos humanos, el desarrollo industrial, agrícola y pecuario en el país, se han dado en regiones donde la oferta hídrica es menos favorable, lo que ha generado presiones sobre el recurso y señales preocupantes por los problemas de disponibilidad de agua en algunos municipios y áreas urbanas, en especial, durante periodos con condiciones climáticas extremas, como las épocas secas y aquéllas con presencia del Fenómeno Cálido del Pacífico, El Niño.

La oferta hídrica experimenta en la actualidad una reducción progresiva que implica la alteración de la calidad del agua por contaminación debida a los procesos de la actividad socioeconómica e industrial, los cuales vierten por lo general sus efluentes sin tratamiento previo; además, a estos mismos cuerpos receptores llegan, en muchos casos, volúmenes altos de sedimentos, como resultado de procesos de erosión natural o derivados de las acciones antrópicas⁴.

Así mismo, la disponibilidad del agua está afectada por los procesos de degradación de las cuencas, con la disminución progresiva de la regulación natural del régimen hidrológico que hace más prolongados los periodos de estiaje y mayores las crecientes. Actualmente, Barrancabermeja no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales previo al vertido en La Ciénaga

⁴ Michael, 2003.

Miramar, esto ocurre en más del 80% de las cabeceras municipales que se abastecen de fuentes pequeñas arroyos, quebradas, riachuelos con bajas condiciones de regulación y alta vulnerabilidad a los vertimientos cargados de compuestos orgánicos como los detergentes, que se encuentran entre los contaminantes de mayor trascendencia a nivel mundial ya que causan problemas de espuma en aguas superficiales, perturban la sedimentación primaria, disminuyen el rendimiento de los procesos de tratamiento biológico y terminan alterando la condición de cuerpo de agua natural⁵.

Los detergentes domésticos contienen compuestos cuya concentración debe ser reducida antes de ser descargados en cuerpos acuáticos receptores, esto facilita la depuración de estas aguas residuales ya que algunos tensoactivos que conforman los detergentes, no generan espumas, por lo que son preferidos para ser empleados en superficies duras. No obstante, al ser depositados en agua, tienden a formar ceras de bajo punto de fusión, lo que dificulta el tratamiento. Asimismo, al combinarse con otras sustancias, como el nonilfenol, forma compuestos tóxicos disminuyendo así su biodegradación⁶.

En este trabajo se realizarán pruebas ecotoxicológicas y fisicoquímicas como parte del diagnóstico necesario para evaluar la presencia de los agentes tensoactivos de detergentes líquidos que se vierten a través de las aguas residuales de las viviendas aledañas a las quebradas La Lavandera y Las Camelias que a su vez vierten sus aguas en la Ciénaga del Miramar, considerando los posibles efectos en la salud humana y medio ambiente para establecer medidas que permitan mejorar la calidad del recurso hídrico.

⁵ IDEAM, 2004.

⁶ Lannacone y Alvaríño, 2002.

3. JUSTIFICACIÓN

La ausencia de estudios toxicológicos correlacionados con análisis fisicoquímicos en efluentes residenciales, las continuas quejas por parte de la población debido al deterioro de los cuerpos de agua naturales, por la falta de un sistema de alcantarillado eficiente y teniendo en cuenta el riesgo social, económico y ecológico que representa el mal manejo de aguas residuales, se considera conveniente desarrollar un estudio que permita evaluar toxicológicamente los caños La Lavandera y Las Camelias que vierten sus aguas sobre la Ciénaga del Miramar, para así generar información sobre los posibles aportes de contaminación, en cuyo caso se deberían considerar los cambios estructurales o recomendaciones para la solución del problema. Así mismo, teniendo en cuenta la información consolidada se haría más fácil la promoción y desarrollo de inversiones en este sector para la mitigación de la contaminación por vertimientos domésticos disminuyendo los riesgos de la población afectada, contribuyendo así al mejoramiento de las condiciones de vida y salud.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto toxicológico que generan las aguas de los caños La Lavandera y Las Camelias sobre la Ciénaga del Miramar a través de pruebas de toxicidad aguda.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar información histórica sobre la caracterización de los caños Las Camelias, Las Lavanderas y de la Ciénaga del Miramar.
2. Estudiar fisicoquímicamente (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos suspendidos y totales, sulfatos, sulfuros, aluminio, cobre, boro, bario, hierro, cromo y tensoactivos) y toxicológicamente los vertimientos de La Lavandera y Las Camelias.
3. Comparar los resultados obtenidos con registros anteriores en los cursos de agua de estudio.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO NORMATIVO⁷.

Colombia, cuenta con Leyes, Decretos, Resoluciones, Acuerdos y Políticas expedidas desde hace más de 30 años relacionadas con el agua; en este trabajo se presenta la normativa vigente relacionada con aguas residuales.

5.1.1 Decreto 1594 de 1984. Reglamente parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, el Capítulo II del Título VI-Parte III-Libro II, el Título VI-Parte III-Libro II y el Título III de la Parte III-Libro I- del Decreto- Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Derogado parcialmente por el decreto 3930 del 2010.

5.1.2 Normas de vertimiento.

- **Artículo 72:** Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Cuadro 1. Parámetros de referencia para vertimientos en cuerpos de agua.

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	<40 °C	<40 °C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas aceites	Remoción >80% en carga	Remoción >80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción >50% en carga	Remoción >80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción >30% en carga	Remoción >80% en carga
Para desechos industriales	Remoción >20% en carga	Remoción >80% en carga

Fuente: Decreto 3930 de 2010.

⁷ <http://www.lexbasecolombia.info/>

5.1.3. Decreto 901 de 1997 (Derogado por el 3100 de 2003). A través de este Decreto se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstos. En su Artículo 4 Capítulo 3 se establece, el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva para cada una de las sustancias contaminantes sobre las cuales se cobrará dicha tasa, basado en los costos directos de remoción de las sustancias nocivas presentes en los vertimientos de agua, los cuales forman parte de los costos de recuperación del recurso afectado. Para realizar el cálculo de la tasa retributiva se emplea la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}MTR_j &= Tr_j * CC_j * T \\Tr_j &= Fr_j * Tm_j \\CC_j &= 0,0864 * C_j * Q * (t/24)\end{aligned}$$

Dónde:

- **MTR_j** = Monto de la tasa retributiva para la sustancia j.
- **Tr_j** = Tarifa regional para la sustancia (\$kg).
- **CC_j** = Carga total vertida (Kg/día).
- **T** = Periodo de descarga mensual (día/mes).
- **Fr_j** = Factor regional de la sustancia j.
- **Tm_j** = Tarifa mínima de la sustancia (\$kg).
- **C_j** = Concentración de la sustancia j (mg/l).
- **Q** = Caudal promedio diario del vertimiento diario (h/día).
- **0,0864** = Factor de conversión.
- Tarifa mínima de la sustancia para el 2004: SST = 33,83 (\$kg).

5.1.4 Decreto 3100 de 2003. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

- **Artículo 3. Priorización de Cuencas.** Las autoridades ambientales competentes cobrarán la tasa retributiva por vertimientos puntuales en aquellas cuencas que se identifiquen como prioritarias por sus condiciones de calidad, de acuerdo con los Planes de Ordenamiento del Recurso establecidos en *el Decreto 1594 de 1984*.

- **Artículo 5. Parágrafo.** Las tarifas mínimas establecidas en la *Resolución 372 de 1998* continuarán vigente hasta tanto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la modifique o sustituya. (Es decir SST y DBO).

- **Artículo 13. Tarifa Regional (Tr).** Queda incluido el valor de depreciación del recurso afectado, tomando en cuenta los costos sociales y ambientales del daño manifestado en la meta de reducción de la carga contaminante. Así mismo, los costos de recuperación del recurso se refleja en la Tarifa mínima (Tm).

- **Artículo 14. Aplicación del Factor Regional (Fr).** La Autoridad Ambiental evaluará anualmente la relación entre la contaminación total de la cuenca tramo o cuerpo de agua y el nivel de la tarifa cobrada y ajustará el factor regional hasta lograr un nivel de tarifa regional que cause la reducción de la carga total contaminante hasta el nivel de tarifa cobrada, y ajustará el factor regional hasta lograr un nivel de tarifa que cause la reducción de la carga total contaminante hasta el nivel preestablecido para la meta de la cuenca, tramo o cuerpo de agua.

- **Artículo 15. Valor del factor regional.** El factor empezará con un valor igual a uno el cual se ajustará anualmente a partir de finalizar el segundo año y que se aplicará a los usuarios sujetos al pago de la tasa que no

hayan cumplido con la meta de reducción. En el cálculo del valor a pagar del año siguiente de conformidad con la siguiente fórmula:

$$FR_1 = FR_0 + (Cc - CcM) - CcL - CcM$$

Dónde:

- **FR₁** = Factor regional ajustado.
- **FR₀** = Factor regional del año inmediatamente anterior.
- **Cc** = Total de carga contaminante recibida por la cuenca, y vertida por los sujetos pasivos de la tasa retributiva al cuerpo de agua o tramo en el año inmediatamente anterior expresada en Kg/año; descontando la carga contaminante vertida de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado al pago de la tasa.
- **CcM** = Meta global de carga contaminante para la cuenca o cuerpo de agua expresada en Kg/año, descontando la meta de reducción de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa.
- **CcL** = Total de carga contaminante vertida por los usuarios sujetos al pago de la tasa a la cuenca, cuerpo de agua o tramo al inicio del quinquenio expresada en Kg/año; descontando la carga contaminante al inicio del quinquenio de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa. Al finalizar el quinquenio, si se alcanzó la meta, el factor regional empezará en 1, de lo contrario iniciará con el valor con que terminó el quinquenio anterior. En todo caso, el valor del factor regional no será inferior a 1 y no superará el nivel de 5.5.

5.1.5. Decreto 3930 de 2010. Deroga el *Decreto 1594* por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979 así como el Capítulo II del título VI Parte III del Libro II del Decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a sus usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones:

- **Artículo 24. Prohibiciones.** No se admite vertimientos:

1. En las cabeceras de las fuentes de agua.
2. En acuíferos.
3. En los cuerpos de aguas o aguas costeras, destinadas para recreación y usos afines que impliquen contacto primario, que no permita el cumplimiento del criterio de calidad para este uso.
4. En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la autoridad ambiental competente.
5. En cuerpos de agua que la autoridad ambiental competente declare total o parcialmente protegidos, de acuerdo con los artículos 70 y 137 del *Decreto-ley 2811 de 1974*.
6. En calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillados para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.
7. No tratados provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, en aguas superficiales dulces, y marinas.
8. Sin tratar, provenientes del lavado de vehículos aéreos y terrestres, del lavado de aplicadores manuales y aéreos, de recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.
9. Que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos determinados en el Artículo 9° del presente Decreto.
10. Que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos.

- **Artículo 28. Fijación de la norma de vertimiento.** El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial dentro de los dos (2) meses, contados a partir de la fecha de publicación de este decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Igualmente, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial deberá establecer las normas de vertimientos al suelo y aguas marinas, dentro de los veinticuatro (24) meses, contados a partir de la fecha de publicación de este Decreto.

- **Artículo 29. Rigor subsidiario de la norma de vertimiento.** La autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, podrá fijar valores más restrictivos a la norma de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo. Así mismo, la autoridad ambiental competente podrá exigir valores más restrictivos en el vertimiento, a aquellos generadores que aún cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor, que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso. Para tal efecto, deberá realizar el estudio técnico que lo justifique.
- **Parágrafo.** En el cuerpo de agua y/o tramo del mismo o en acuíferos en donde se asignen usos múltiples, los límites a que hace referencia el presente artículo, se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso.
- **Artículo 31. Soluciones individuales de saneamiento.** Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, turístico o industrial,

localizado fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de sistemas de recolección y tratamiento de residuos líquidos y deberá contar con el respectivo permiso de vertimiento.

- **Artículo 32. Control de vertimientos para ampliaciones y modificaciones.** Los usuarios que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

- **Artículo 41. Requerimiento de permiso de vertimiento.** Toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos.

- **Artículo 44. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos.** Las personas naturales o jurídicas de derecho público o privado que desarrollen actividades industriales, comerciales y de servicios que generen vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo deberán elaborar un Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos en situaciones que limiten o impidan el tratamiento del vertimiento. Dicho plan debe incluir el análisis del riesgo, medidas de prevención y mitigación, protocolos de emergencia y contingencia y programa de rehabilitación y recuperación.

5.1.6 Otras normas referentes a aguas.

- **Decreto 155 de 2004:** Tasa por uso de agua
- **Decreto 1541 de 1978:** Concesión de aguas
- **Decreto 475 de 1998:** Normas Técnicas sobre la Calidad de Agua Potable. Derogado por el *Decreto 1775 del 2007.*
- **Decreto 1594 de 1984:** Usos del agua y residuos líquidos

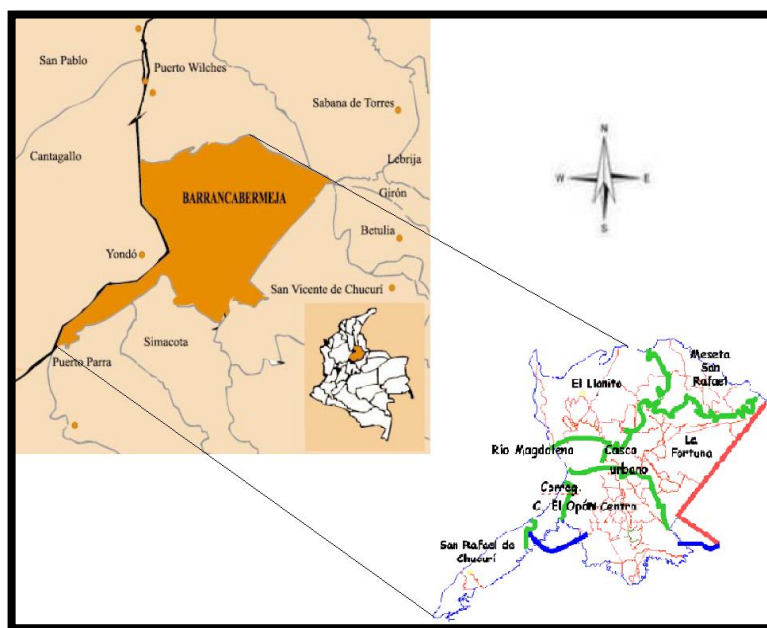
- **Resolución 1096 de 2000:** Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

5.2 CONCEPTOS Y GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AREA DE ESTUDIO.

5.2.1 Localización y caracterización del área de estudio.

5.2.1.1 Barrancabermeja.⁸El Municipio de Barrancabermeja se localiza sobre la margen derecha del curso medio del río Magdalena entre tres de sus afluentes: el río Sogamoso al norte y el río Opón y la Colorada al sur. (Ver Figura 1). La cabecera municipal se localiza sobre la margen del río Magdalena, a una altitud de 75.94 msnm, en las coordenadas 7°3'48" latitud Norte 73° 51'50" longitud Oeste.

Figura 1. Localización de Barrancabermeja



Fuente: Cartografía DANE

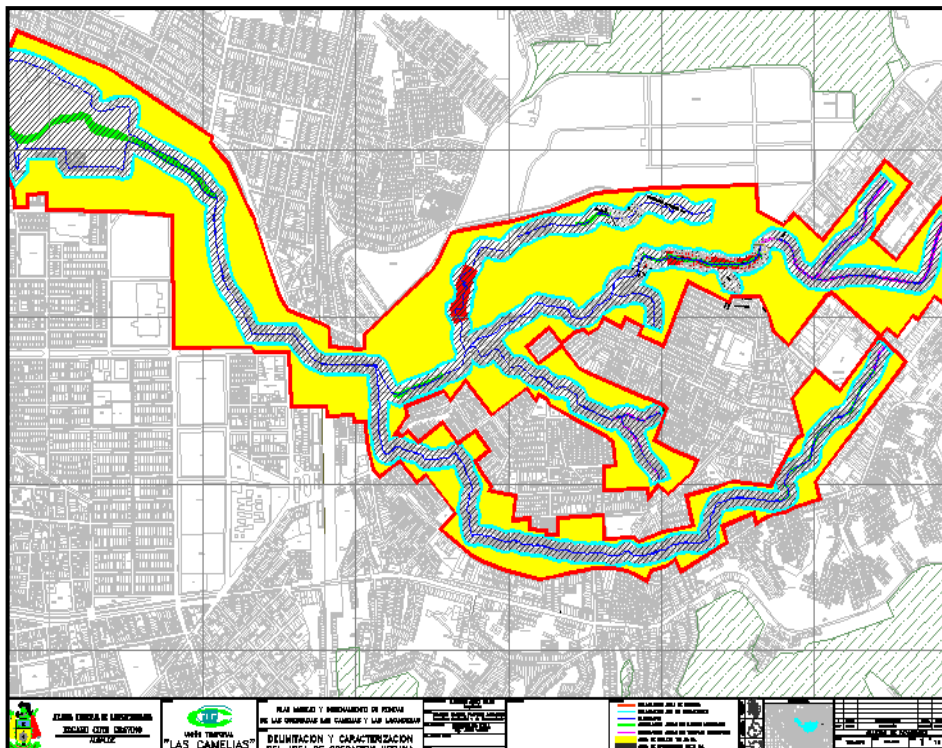
⁸Oficina de Planeación Municipal, Barrancabermeja, 2001.

De acuerdo con su ubicación el Municipio limita así:

- **Norte:** Municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres y Girón.
- **Sur:** Municipios de Puerto Parra, Simacota y San Vicente de Chucurí.
- **Oriente:** Municipios de San Vicente de Chucurí y Betulia.
- **Occidente:** Municipio de Yondó (Antioquia) por el río Magdalena.

5.2.1.2. Quebrada Las Camelias. Su cauce nace en el casco urbano de la ciudad de Barrancabermeja, en la Diagonal 60 con Transversal 46 del Barrio Las Granjas, aproximadamente en la cota 104 msnm. (ver Figura 2).

Figura 2. Delimitación y caracterización de quebrada Las Camelias.



Fuente: Oficina de Planeación Territorial, 2009.

Cabe resaltar que todo el curso de agua está totalmente revestido con sección rectangular en concreto¹⁰.

5.3 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

Las aguas residuales domésticas contienen diversos tipos de compuestos potencialmente dañinos (ver Cuadro 2). La descarga de aguas residuales crudas en el ambiente acuático puede afectar factores bióticos y abióticos de los ecosistemas. Así mismo, se genera un riesgo en la salud humana asociado a enfermedades responsables del 80% de la morbilidad y mortalidad en muchos países. Sólo el 40% de la población total de América Latina y el Caribe tiene servicio de alcantarillado¹¹.

Cuadro 2. Características típicas del agua residual municipal.

COMPONENTE	CONCENTRACION (mg/l)		
	Alta	Media	Baja
Sólidos Totales	1000	500	200
Sólidos Suspendidos	500	300	100
Sólidos Sedimentables	12	8	4
DBO₅	300	200	100
DQO	1000	500	250
Nitrógeno Total	80	50	25
Fósforo Total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
H₂S (Gas sulfhídrico)	10	5	1

Fuente: Guía de aguas Residuales Municipales. MAVD 2002 y Tecnología en Gestión de Agua Potable IOS 2009.

El panorama es incierto si se tiene en cuenta que menos del 10% de los alcantarillados descarga a un sistema de tratamiento de aguas residuales. Menos del 6% de la población total de América Latina tiene tratamiento de aguas

¹⁰ Unión Temporal Las Camelias, 2006.

¹¹ IDEAM, 1998

residuales. En Colombia del total de las aguas residuales domésticas producidas, sólo el 12% es sometido a algún tipo de tratamiento antes de descargarse en las fuentes superficiales¹².

El municipio Barrancabermeja ha enfrentado durante los últimos años un acelerado crecimiento de su población debido a factores sociales, económicos y políticos, esto se refleja en un crecimiento inadecuado de los asentamientos humanos que carecen en buena parte de servicios de saneamiento básico, lo cual expone a la población a riesgos de inundaciones, enfermedades, muertes entre otros. La ausencia de un sistema de alcantarillado ordenado, planificado y centralizado expone a contaminación los cuerpos hídricos más cercanos, ciénagas, arroyos, caños entre otros.¹³

5.4 PRUEBAS DE TOXICIDAD O BIENSAYOS.

Los bioensayos o pruebas de toxicidad son experimentos que miden el efecto de contaminantes en especies, para evaluar el grado de toxicidad de un efluente, sustancia química o cuerpo de agua mediante el uso de organismos vivos¹⁴.

Se debe considerar que no existe ningún organismo ni biocenosis que pueda ser usado para evaluar los efectos sobre el ecosistema bajo diversas condiciones abióticas y bióticas presentes. En la práctica pocas especies representan funciones ecológicas relevantes. Así mismo, la muestra a ser ensayada puede también plantear problemas experimentales para la realización de la prueba¹⁵.

Las aguas (servidas, efluentes), son mezclas complejas y heterogéneas de materiales que dan lugar a una variedad de dificultades experimentales cuando se

¹²IDEAM, 2004

¹³Superintendencia de Servicios Sanitarios (SSPD), 2006

¹⁴Greenberg, 1992

¹⁵Castillo, 2004

desarrollan los ensayos. Estas pueden estar relacionadas con la inestabilidad de la muestra debido a reacciones y procesos como la precipitación, separación de fases, biodegradación, entre otros.¹⁶

5.4.1 Tipos de Bioensayos. Existen diversas clasificaciones de los bioensayos. Considerando los bioensayos según el tipo de respuesta pueden clasificarse de la siguiente manera¹⁷:

5.4.1.1 Bioensayos agudos. Cuantifican las concentraciones letales de una o varias sustancias a una especie en particular, generalmente son de corta exposición (24-48 horas). El tiempo del bioensayo debe ser constante y suficiente para que los efectos de las sustancias evaluadas proporcionen respuestas claras y bien definidas en las especies.

El valor obtenido se denomina concentración letal media (CL_{50}), representa la concentración que causa la muerte al 50% de la población experimental, en un tiempo determinado.

5.4.1.2 Bioensayos crónicos. Por definición son bioensayos de larga exposición, generalmente días, semanas e incluso meses y se extiende sobre un periodo de vida de las especies utilizando como media de respuesta la capacidad reproductiva, crecimiento, longevidad, número de crías, entre otros.

Se utilizan concentraciones tan bajas que los parámetros biológicos (como edad) o los ambientales (como pH), dentro de un rango ecológicamente razonable, ejerce una pequeña influencia en la susceptibilidad de los organismos.

¹⁶Calixto, 2004

¹⁷ Restrepo, 1998

Se estima la concentración de la sustancia de prueba que causa un efecto al 50% de la población experimental, al cabo de un tiempo determinado; depende del estadio de vida considerado o del ciclo de vida del organismo empleado, se conoce como concentración efectiva media (CE₅₀).

5.4.1.3. Selección de especies. Para obtener la máxima información de los bioensayos es necesario escoger los organismos más apropiados. Teniendo en cuenta criterios como la amplia distribución geográfica, su disponibilidad y abundancia en el año, de importancia económica y ecológica, su mantenimiento en el laboratorio, conocimiento de su biología y comportamiento, con funciones biológicas de fácil observación y definición, así como la susceptibilidad a exposiciones con sustancias xenobióticas. En este sentido, se realizaron los ensayos de toxicidad aguda con *Culex sp.*, y *Lactuca sativa L.*, para el estudio de las quebradas Las Camelias y La Lavandera.¹⁸

Estudios indican la ventaja potencial del uso de especies como el mosquito *Culex quinquefasciatus*, puede tomar plomo de ambientes acuáticos. Se cree que los contaminantes ingeridos por la larva del mosquito por los hábitos de alimentación del mosquito, adicionalmente por la absorción en la piel. Si el contaminante no fuera metabolizado sería bioacumulado, ya que las larvas son sedentarias y al inhabitable sustrato, es predecible que importantes cantidades de contaminantes pueden ser absorbidas por las larvas. Esto es una hipótesis de que el mosquito tiene cierto grado de sensibilidad a los metales

5.4.1.4. Bioensayo en larvas *Culex quinquetasciatus*. Se desarrollan en cuerpos de agua de carácter temporal, como aguas de inundaciones, lluvia fuerte, charcos que se forman por mareas o cuerpos de agua permanentes como lagos, estanques, ríos y quebradas entre otros.

¹⁸ Henry, 1997

La larva eclosiona en 2-3 días en ambientes cálidos, pero puede llevar hasta una semana para temperaturas menores. Los huevos de *Culex* tienen una corolla en forma de taza en un extremo, que les permite mantenerse verticales en la superficie del agua formando una masa o balsa de huevos.

Los que no son puestos en o sobre agua no son resistentes a la desecación y emergen poco después de la embriogénesis. Los que son depositados sobre superficies húmedas resisten la desecación y pueden permanecer quiescentes por meses o años hasta que las condiciones sean favorables. Esto puede ser controlado por la humedad o frecuentemente por la disminución en la cantidad de oxígeno disuelto por la actividad microbiana.¹⁹

Estudios indican la ventaja potencial del uso de estos vectores para resaltar condiciones ambientales. Se cree que los contaminantes son ingeridos por la larva del mosquito para su alimentación y también por absorción a través de la piel. La larva del mosquito es relativamente sedentaria y no existe presencia de estas cerca del sustrato, se presume que los contaminantes fueron absorbidos. Esto teniendo como hipótesis cierto grado de sensibilidad de la larva para altas concentraciones de metales.²⁰

5.4.1.5. Bioensayo de toxicidad aguda con semillas *Lactuca sativa* L. Es una prueba estática de 120 h de exposición, en la que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos o mezclas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Como puntos finales para la evaluación de los efectos fitotóxicos, se determina la inhibición en la germinación y la inhibición en la elongación de la radícula y del hipocótilo.

¹⁹Mullen and Durden, 2002

²⁰Kitvatanachai, *et al.*, 2006

Muchas de las reacciones y procesos involucrados son generales para la mayoría de las semillas, por lo que la respuesta de esta especie y los datos obtenidos a partir de esta prueba son en gran medida representativos de los efectos en semillas y plántulas en general.²¹

Si bien *L. sativa* L, no es una especie representativa de ecosistemas acuáticos, la información generada a partir de esta prueba de toxicidad proporciona datos acerca del posible efecto de los contaminantes en las comunidades vegetales cercanas a las márgenes de cuerpos de agua contaminados. Así mismo, es de fácil y rápida germinación, por lo que es posible desarrollar la prueba en pocos días.²²

²¹ Navarro, Arrueta y Maldonado, 2006

²² Wang, 1987

6. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos y luego de un recorrido previo en el área de estudio, se desarrolló el siguiente plan de trabajo:

6.1 RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Recopilación, revisión y análisis de la información secundaria bibliográfica, cartográfica, en particular la relacionada con los estudios que permitan caracterizar la zona del proyecto, las características del recurso hídrico, manejo de aguas residuales domésticas, análisis de calidad de agua para la fuente receptora.

Adicionalmente realizar consultas para la recopilación de información de aspectos históricos y técnicos con personal vinculado al tema de estudio, como la oficina de Planeación Municipal de Barrancabermeja, La Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), División de Ambiente, Salud y Seguridad (DHS) en ECOPETROL S.A Barrancabermeja.

6.2 TRABAJO DE CAMPO.

A partir de la información recopilada se seleccionaron los puntos de muestreo bajo el criterio de evaluar las quebradas antes y después de las descargas. Para ello se tuvo en cuenta el objetivo del estudio que es la evaluación la contaminación por aguas residuales domésticas se tomaron muestras para los siguientes ensayos fisicoquímicos: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos suspendidos y totales, sulfatos, sulfuros, aluminio, cobre, boro, bario, hierro, cromo, tensoactivos siguiendo El Standard Methods Versión 2.0 y análisis toxicológico en larvas *Culex quinquefasciatus*, y semillas *Lactuca sativa L.*, basados en los protocolos OECD, la Guía Técnica Colombiana GTC #31 y los

procedimientos descritos por Castillo, 2004. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander.

El muestreo se realizó de forma manual, ya que el sitio de muestreo presenta fácil acceso, la ventaja es que permite observar cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales.

Así mismo, se aplicaron encuestas realizando un muestreo no probabilístico, también llamadas muestras dirigidas intencionales, que suponen un procedimiento de selección informal.²³ En el caso de las entrevistas se consultó la opinión a personas involucradas directamente e indirectamente con los aspectos técnicos y socioeconómicos relacionados con los vertimientos de aguas residuales domésticas en la Ciénaga del Miramar. Para aplicar las encuestas, se seleccionarán 30 viviendas (15 en el sector de Las Camelias y 15 en el sector de Las Lavanderas) con el propósito de conocer los hábitos asociados con el uso de detergentes por parte de la población.

6.3 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.

6.3.1 Diagnóstico. Con la información primaria y secundaria condensada, actualizada con la información de campo se evaluarán los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la normativa vigente y el uso doméstico.

También se propone comparar con estudios de años anteriores en las quebradas Las Camelias y La Lavandera, para determinar sus efectos sobre la Ciénaga del Miramar donde finalmente llegan estos cursos de agua.

²³(Hernández, Fernández & Baptista, 2003).

6.3.2 Análisis estadístico con el método Probit. Este método usado en pruebas binomiales, proporciona una estimación de la CL_{50} de una sustancia tóxica con precisión. Para ello se grafica los porcentajes de mortalidad acumulados en función de las concentraciones de la sustancia de prueba, obteniéndose una curva sigmoideal. Con los porcentajes de especies afectadas son convertidos a unidades de probabilidad (Probits) y las concentraciones del tóxico son convertidas a logaritmo, así al graficar los resultados, la línea sigmoideal se convierte en una línea recta de la cual se puede estimar la concentración letal media y su precisión.

6.3.3 Análisis de los resultados con una sustancia de referencia. Durante la evaluación del efecto toxicológico de las sustancias de prueba, se propone efectuar conjuntamente bioensayos con sustancias de referencia o de una toxicidad conocida, con la finalidad de conocer la sensibilidad de la especie ensayada respecto a una sustancia altamente tóxica. Entre las sustancias usadas con mayor frecuencia se encuentran el cromato de potasio, el cloruro de mercurio y el nitrato de bario.

6.3.4 Propuesta de solución. Basados en los resultados obtenidos en las etapas de diagnóstico y en la información primaria y secundaria se presentaran alternativas de solución a la problemática encontrada.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología empleada para el reconocimiento de la vegetación existente en la zona, es la inspección directa. Se determinaron las especies presentes en el área mediante registro de nombre común y científico, para el reconocimiento de las especies se realizaron visita de campo con un experto forestal y consultas al personal de la zona.

Para el reporte de la fauna se hizo revisión de otros estudios realizados en el área, como también información recopilada en las reuniones con la comunidad.

7.1 LAS CAMELIAS.

El cauce de Las Camelias nace en el casco urbano de la ciudad de Barrancabermeja, después de lo cual se convierte en un conducto enterrado que transita con diferentes cambios de dirección hasta el extremo oriental del barrio La Esperanza. Luego ingresa como canal natural abierto, con laderas de pendiente relativamente considerable y cobertura vegetal intervenida. Luego es reemplazado por un canal rectangular revestido en concreto hasta su entrega final a la ciénaga Miramar.

Las Camelias no corresponde a una quebrada en su verdadera acepción, este nombre se ha conservado por tradición, considerando que en el pasado este cauce fue una corriente natural, que desapareció casi completamente como consecuencia del proceso de urbanismo de la ciudad de Barrancabermeja. Una quebrada es un drenaje natural longitudinal que posee una cuenca aferente, un régimen de caudales influenciado no sólo por el comportamiento de las lluvias que caen sobre ella sino por las características de la zona de recarga y la capacidad de almacenamiento del subsuelo a través de las corrientes subterráneas y la

condición del nivel freático y los acuíferos interconectados directamente con el cauce, lo cual se expresa como una regulación natural de caudales que garantiza el flujo en verano y en cualquier época de estiaje.

A continuación presentan las características y tendencias de crecimiento de la población, la calidad de vida de la población y servicios públicos de los pobladores del área del plan, y a partir de ello determina sus problemáticas y/o potencialidades en función de las decisiones de ordenamiento territorial que se ha ejecutado entre el 2000 y 2006 según los registros existentes en la Oficina de Planeación Territorial de la Alcaldía de Barrancabermeja.

7.1.1 Densidad de población. La composición y dinámica poblacional del municipio, obedecen a la influencia petrolera así como a su posición geoestratégica, como puerto enclave a orillas del río más importante del país.

La explotación del petróleo, trajo consigo procesos de migración que contribuyó con el aumento de la mano de obra cesante que llegaba de todas partes del país, todo ello contribuyó con el desplazamiento de la población campesina, pero no todos se vincularon como fuerza obrera en la compañía petrolera, hubo quienes buscaron nuevas fuentes de ingreso dedicándose a la pesca, la extracción de arena, el desembarque de canoas llenas de plátano y la venta de la carga a los camiones.

Este crecimiento suscitó problemas en la infraestructura urbana, debido a que los emigrantes en busca de trabajo y la estabilización de la población laboral de la petrolera impulsaron un desarrollo urbano no controlado, que permitió que la ciudad se extendiese sin ningún plan ni control, provocando una desorganización urbanística desconociendo los factores topográficos y paisajísticos de las fuentes hídricas, creando así, un patrón de poblamiento disperso y desorientado.

7.1.2 Morbilidad. El comportamiento de morbilidad se encuentra referenciado en especial por las enfermedades de tipo respiratorio-IRA, las cuales participan con un 64.5% de todas las referenciadas por barrio, esto puede explicarse por las características medio ambientales existentes que permiten la proliferación de malos olores que afectan continuamente la salubridad de los residentes de la zona. También son muy importante la participación de las enfermedades de tipo diarreico agudo-EDA 13.4% y las de la piel con un 10.9% de todas las referencias de morbilidad encontradas (*ver Cuadro 3*).

Cuadro 3. Índice de Morbilidad en Las Camelias.

BARRIO	IRA	EDA	Piel	Ojos y oídos
Las Camelias	82%	9%	0%	0%

Fuente: Oficina de Planeación Territorial, 2006.

La salud es un derecho de los ciudadanos, el goce de unas condiciones mínimas que garanticen la prestación de los servicios de salud a sus ciudadanos, fortalece el Estado como entidad capaz de generar, cobertura, eficiencia y calidad frente a la prestación de servicios de primer orden.

7.1.3 Servicios públicos. Se evidencia unos cubrimientos en los servicios públicos relativamente bueno, los cuales alcanzan a estar por encima del 80% en los servicios básicos como son los de acueducto 98% y alcantarillado 82.8%.

Cuadro 4. Servicios públicos en Las Camelias.

SERVICIO PÚBLICO	No Beneficiarios	% Cobertura
Acueducto	291	98,0%
Alcantarillado	246	82,8%

Fuente: Oficina de Planeación Territorial, 2006.

Es deber del Estado conceptuar y clasificar las necesidades públicas que le corresponde atender y satisfacer, determinando los recursos humanos, financieros y económicos que requiere para alcanzar sus fines esenciales, a través de la satisfacción de tales necesidades.

Toda la política de Provisión de Bienes y Servicios, priorizan los intereses económicos y sociales, entre los cuales actúa o debe actuar el Estado. Es lo que se conoce como Criterio de Fundamentación Política, que es uno de los criterios que se tienen en cuenta para la prestación de los servicios públicos a cargo del Estado, criterio que se ha hecho expreso en la prestación y cobertura de los servicios públicos existentes en la zona de influencia del canal Las Camelias.

7.1.4. Problemática existente en el área de estudio. A continuación se describen algunos de los principales problemas asociados al manejo de las aguas residuales domésticas:

7.1.4.1. Deficiencias en el servicio de alcantarillado. En el Área del Plan de Manejo y Ordenamiento de Rondas de Las Camelias, se ha establecido una cobertura del 82.2%, mayor al 70% de cobertura que tiene la ciudad, situación relevante toda vez que se trata de un servicio público esencial. Las comunidades localizadas en dichos sectores son asentamientos espontáneos que aún no han podido consolidarse arquitectónica y urbanísticamente. No hay separación de aguas residuales y aguas lluvia como lo establece la *Ley 142/94*.

7.1.4.2. Deficiencias en el servicio de recolección de residuos sólidos. La cobertura en el servicio de residuos sólidos es del 71% en el municipio de Barrancabermeja, mientras que en el Área del Plan de Manejo y Ordenamiento de Rondas Las Camelias es del 80.1%, lo que representa un déficit del 19.9 % de cobertura en el sector.

7.1.4.3. Irregularidad del tejido urbano. El conjunto de predios que se encuentran dentro del corredor de la ronda de Camelias, conforman manzanas irregulares en relación con la conformación de las manzanas que estructuran la trama urbana del sector, desconfigurando el manejo y ordenamiento de la ronda, en la perspectiva de integrar el espacio ambiental y público, que garantice su funcionalidad y sostenibilidad integral, en el marco de la construcción colectiva del modelo de ciudad.

7.1.4.4. Invasión de las rondas de los cuerpos de agua. Algunos de los predios han desbordado su lindero original y se han aproximado hacia el borde de los canales una vez revestidos, otros predios han surgido como invasiones de las rondas en los espacios resultantes entre los predios existentes y las nuevas canalizaciones. Además, algunos particulares han edificado construcciones encima de los canales; generando problemáticas de carácter ambiental, urbanístico y desde luego social.

7.2 LAS LAVANDERAS.

El cauce de Las Lavanderas se origina dentro del perímetro urbano de la ciudad de Barrancabermeja, en los límites del barrio Uribe. Desde sus inicios el cauce está formado por un canal rectangular revestido en concreto reforzado, excepto en algunos tramos cortos identificados como conductos enterrados en forma de cajón con sección rectangular. Esta estructura termina en la ciénaga Miramar, a donde conduce las aguas lluvias y residuales provenientes del sistema de alcantarillado combinado, igual que en el caso de Las Camelias. En ninguna parte de su recorrido existen canales naturales, por lo cual no se trata de una quebrada sino de un colector de aguas lluvias y aguas residuales. En su totalidad, el cauce se encuentra revestido en concreto.

Los canales existentes poseen una cuenca aferente pero sin zonas de recarga, dado que la cuenca está cubierta, en su mayor extensión, por superficies duras, impermeables que impiden cualquier tipo de infiltración. Los solares de las casas permiten una cierta percolación que nunca llega al cauce, dado que está cubierto por una superficie de concreto, impermeable, sin posibilidades de flujo a través de él, lo cual aísla completamente al recinto interior del canal de su entorno.

7.2.1 Densidad de población. El crecimiento poblacional frente a la expansión urbana informal, se identifican las áreas sombreadas de color verde las cuales se han consolidado con los nuevos asentamientos del sector, que han surgido en contravía de las normas de guarda y protección de ronda de las fuentes hídricas, los cuales ejercen presión urbana sobre las mismas.

Las razones que proliferaron este crecimiento se debe a la canalización que fue considerada por los pobladores como una oportunidad de ganar terreno para ampliar o construir sus viviendas, aún más teniendo en cuenta que con esta canalización se desvió en varios sectores el curso de la antigua quebrada, incidiendo en los linderos de las viviendas y en las zonas comunes del sector.

7.2.2 Morbilidad. La mayor parte de la enfermedades son de tipo respiratorio 100%, tales como resfriados, síntomas asmáticos, entre otros, esto lo explica las difíciles condiciones que ofrece el medio en el que se desarrollan.

Este tipo de enfermedad llama mucho la atención porque fue referida por todas las familias como la más frecuente dentro de los miembros de su hogar. Otra de las causas de morbilidad es el dengue está asociado al almacenamiento inadecuado del agua, la cual se presenta con mucha frecuencia en el área.

Lo que explicaría de igual manera las enfermedades relacionadas con la piel 34.2% y los continuos casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) que

contempla el 12.5% del total de la población, la mayoría de esto vectores pueden ser explicados por las condiciones de las viviendas, del servicio de agua y la contaminación ambiental por la falta de manejo de excretas.

Cuadro 5. Morbilidad en Las Camelias.

	I.R.A	E Piel	E.D.A.	Ojos y Oídos
Las Camelias	100%	34%	13%	6%

Fuente: Oficina de Planeación Territorial.

7.2.3 Servicios públicos. Dentro de los servicio básicos que más hace falta dentro de la zona de estudio se encuentra el de Alcantarillado y Gas, siendo el barrio Uribe Uribe el que más falencias en la prestación de los servicios de Gas y Alcantarillado pues su cobertura solo es del 77.8% de estos servicios.

Cuadro 6. Servicios públicos.

Servicio Público	No Beneficiarios	% Cobertura
Acueducto	31	93,0%
Alcantarillado	28	77,8%

Fuente: Oficina de Planeación Territorial.

El cumplimiento de las tareas esenciales que se le han encomendado al Estado, implica despliegue de acciones y desarrollo de actividades diversas, una de las cuales corresponde a la "Provisión de Bienes y Servicios Públicos", que al tenor del Artículo 365 constitucional, se considera inherente a la finalidad social del Estado, siendo su deber, el aseguramiento o garantía de su prestación oportuna y eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Dicha actividad inherente al

Estado, está sometida al régimen jurídico que establezca la ley, pueden ser suministrados – bienes y servicios - por el Estado, directa o indirectamente, por la comunidad organizada o por los particulares.

La ausencia en tanto a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de Alcantarillad demanda especial atención de parte de la Administración pública, pues no solo constituye una necesidad básica de índole vital, sino además una responsabilidad social del Estado de garantizar la eficacia en la prestación de estos servicios como elemento fundamental para el desarrollo de una vida digna de sus ciudadanos.

7.2.4. Problemática existente en el área de estudio. A continuación se describen algunos de los principales problemas asociados con el manejo de aguas residuales domésticas:

7.2.4.1. Deficiencias en el servicio de alcantarillado. En el Área del Plan de Manejo y Ordenamiento de Rondas de Las Lavanderas, se ha establecido una cobertura del 78%, mayor al 70% de cobertura que tiene la ciudad en general, aunque deficitario, si se tiene en cuenta que es un sector céntrico, toda vez que se trata de un servicio público esencial.

Existe red de alcantarillado pero la descarga se realiza directamente sobre el canal revestido. En el área de estudio tampoco se han discriminado las aguas residuales de las aguas lluvia, tal como lo establece la *Ley 142/94* de servicios públicos.

7.2.4.2. Deficiencias en el servicio de recolección de residuos sólidos. La cobertura en el servicio de residuos sólidos es del 71% en el municipio de Barrancabermeja, mientras que en el Área del Plan de Manejo y Ordenamiento de Rondas es del 100%. No obstante se estima un porcentaje del 3% que no utilizan el servicio en razón de que no tienen presente los horarios del carro recolector y prefieren botar la basura en el canal revestido y cerca de la zona de amortiguamiento.

7.2.4.3. Irregularidad del tejido urbano. Al igual que en Las Camelias, el conjunto de predios que se encuentran dentro del corredor, conforman manzanas irregulares, que perjudican la funcionalidad y sostenibilidad integral del canal de aguas de lluvia y residuales.

En términos generales, la principal problemática de estos ecosistemas son las perturbaciones esencialmente de origen antrópico a las que ha sido sometido el ecosistema Camelias, estas perturbaciones consisten en:

- Transformación del ecosistema.
- Vertimientos de residuos sólidos y líquidos.
- La falta de conciencia ambiental entorno a la protección y uso racional de los recursos naturales.

La importancia de los recursos en el área de estudio radica en el valor escénico de las pequeñas asociaciones de vegetación existentes y las funciones que estos desempeñan como hábitat de especies animales y vegetales, así como la estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente de la temperatura.

Figura 4. Impactos ambientales asociados a las actividades antrópicas.



Fuente: La Autora.

El manejo inadecuado de las aguas residuales domésticas es lo que hace necesario una propuesta encaminada al saneamiento básico del sector. En este sentido, la Oficina de Planeación Territorial a través de la información suministrada por la firma ILAM en el 2007, que desarrolló el análisis de alternativas en cuanto al trazado de la red de alcantarillado y el diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales, denominado Sistema San Silvestre.

A partir de los resultados de dicho análisis y la proyección del sistema de recolección y tratamiento de las aguas residuales para el saneamiento básico de

la zona de estudio, se consideran como parte de la propuesta de recuperación ambiental del área objeto de estudio, que aun esta por implementar.

Los pocos elementos naturales bióticos del sector los cuales se ubican principalmente en el ramal principal en la zona de desembocadura sobre la Ciénaga Miramar tienen un carácter de amenazados debido a las alteración de las condiciones naturales, que de no revertirse esta situación terminaran por acabar con estas especies, ante alto grado de contaminación que presentan las descargas de este vertimiento en la Ciénaga.

Un factor que acentúa la problemática ambiental es el desconocimiento de la importancia de la conservación de los recursos naturales dado el bajo nivel de formación en temas ambientales según datos de la Oficina de Planeación Territorial el 95% de las personas residentes en el área de operación urbana no a recibida capacitación en temas ambientales.

Lo anterior muestra la necesidad de implementar un programa de saneamiento básico con el objetivo de hacer una recolección y disposición adecuada de residuos sólidos y líquidos, acompañado de un programa de educación ambiental con el fin de crear conciencia ambiental entre los habitantes de la zona entorno a la recuperación, conservación y uso racional de los recursos naturales.

7.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES BASADA EN PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BIOENSAYOS.

Los detergentes constituyen un grave problema de contaminación ambiental ya que además de contaminar los suelos y cuerpos acuáticos superficiales, también llegan a mantos freáticos. Debido a las deficiencias en el sistema de alcantarillado, donde las aguas residuales que descargan sobre la Ciénaga del Miramar.

Para realizar un diagnóstico del impacto que tienen este vertimiento se interpretaron los resultados de los análisis fisicoquímicos y bioensayos realizados por Ecopetrol S.A. y las muestras tomadas para efectos de este estudio realizadas entre septiembre y noviembre del presente año.

Los puntos de muestreo estudiados, fueron los siguientes:

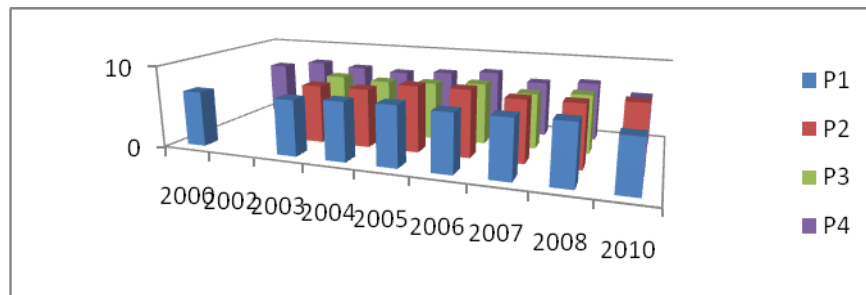
- **P₁**: Vertimiento Las Lavanderas.
- **P₂**: Aguas abajo en La Ciénaga Miramar cerca del Cristo Petrolero.
- **P₃**: Vertimiento Las Camelias.
- **P₄**: Aguas abajo en la Ciénaga Miramar cerca del Club Infantas.

En las muestras que se tomaron se realizaron pruebas fisicoquímicos y bioensayos, a continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos de acuerdo con el decreto 1594:

7.3.1. pH. Las variaciones de pH presentadas de acuerdo a los datos encontrados entre 2000 y 2010 en los puntos estudiados, se encuentra dentro de los límites de calidad para diferente usos de acuerdo al Artículo 45 del *Decreto 1594 de 1984*, el cual señala que para conservación de fauna y flora en aguas cálidas el pH debe estar dentro de 4, 5 y 9. Para uso agrícola es de 5 a 9 unidades y para uso recreativo mediante contacto primario y secundario es de 5 a 9.

De acuerdo con *la Figura 5*, el valor máximo de pH en los datos reportados para el año 2006, correspondió a 8,6 en el punto de muestreo P₂. Una de las causas es que vienen flujos de agua de diferentes ramales que colectan aguas de viviendas cercanas, aumentan la concentración de elementos contaminantes.

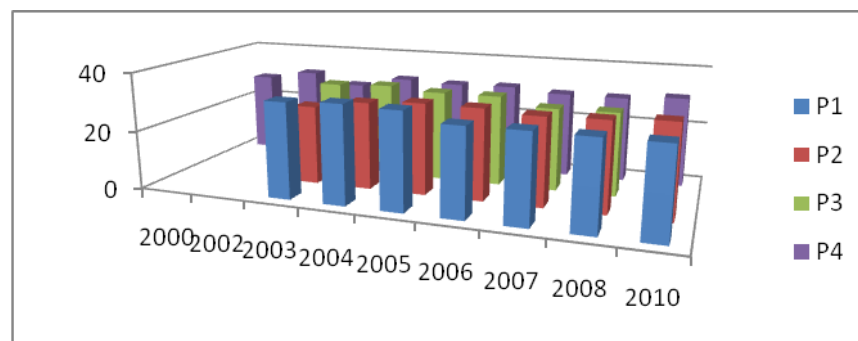
Figura 5. Registro de pH en los puntos de monitoreo.



Fuente: Datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

7.3.2. Temperatura del agua. Los cambios de la temperatura del agua están asociados con las condiciones de temperatura ambiente, hora del día en que se realizó el muestreo, brillo solar e influencia de la vegetación. Estas variaciones afectan la solubilidad de los gases, de las sales y por tanto el pH. La tasa de sedimentación de sólidos en climas cálidos es mayor que en climas donde las aguas son frías. De acuerdo a la normativa (*Decreto 1594/84*) la temperatura no es elevada.

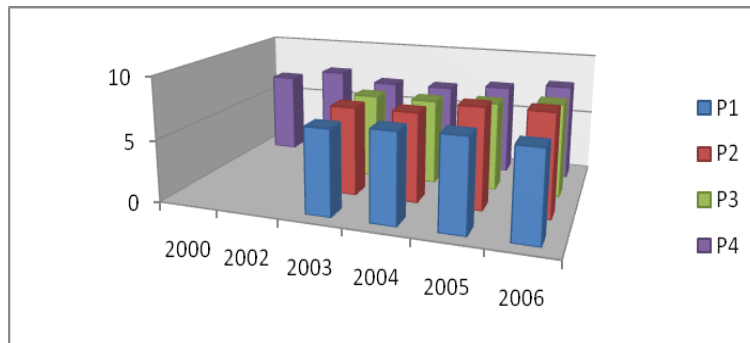
Figura 6. Registro de temperatura en los puntos de monitoreo.



Fuente: Datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

7.3.3. Oxígeno disuelto. Este parámetro se relaciona con las condiciones geográficas, velocidad del agua, caudal, capacidad de aireación, dilución y alta turbulencia. En el *Decreto 1594/84* el límite permitido para preservación de flora y fauna en agua cálida dulce es 4,0 mg/L. Según los datos consultados se reportaron en varios puntos condiciones anóxicas que contribuyen al deterioro de este ecosistema lentic, en el 2004 en el punto P₃ con 0,2 mg/L y P₁ con 0,3 mg/L. En el 2007 el menor valor reportado fue de 1,47 mg/L en P₁ y en el 2008 continuaron las condiciones anóxicas en P₁.

Figura 7. Registro de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo.



Fuente: Datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

Así mismo, en el 2004 en P₃ se encontró un porcentaje de 88,7%, en 2005 en P₁, P₂ y P₄ 89,3%, 98,3% y 91,3% respectivamente, estas concentraciones indican una sobresaturación de oxígeno en el cuerpo de agua para los puntos estudiados, lo cual es característico de ecosistemas eutrofizados en plena producción fotosintética²⁴, las concentraciones entre 50% y 80% se consideran adecuadas para la vida de la gran mayoría de las especies de peces y otros organismos acuáticos²⁵. En el 2004 P₁ y P₂ presentaron 20 y 30% de oxígeno disuelto, entre 2007 y 2008 solo P₂ presentó un 50% de saturación de oxígeno, en los demás

²⁴ STEPHEN, S y SPENCER.

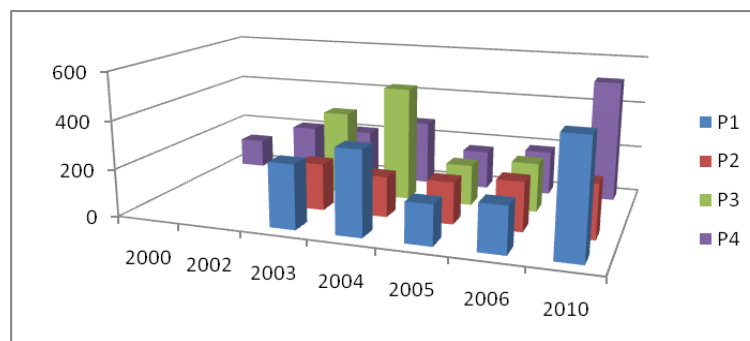
²⁵ Decreto 1594, Artículo 43.

puntos el porcentaje de saturación fue inferior al 50%, en estas condiciones se produce la migración o muerte desaparición de organismos y especies acuáticas.

7.3.4 Conductividad. La conductividad depende de las características del suelo, factores inorgánicos y el material de arrastre (procesos erosivos), a través de este parámetro se conoce la mineralización de las aguas por cationes como sodio, potasio, magnesio, calcio y aniones como carbonatos, cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Según Roldán (1987), para las cuencas bajas el rango está entre 150 y 200 $\mu\text{mhos/cm}$.

En el 2002 en la Ciénaga del Miramar se encontró una conductividad de 207 $\mu\text{mhos/cm}$. Así mismo en el 2003 P₃, P₄ y P₁ presentaron una conductividad superior al rango recomendado para este parámetro con 353, 209 y 268 $\mu\text{mhos/cm}$ respectivamente. En el 2004 en P₃, P₄ y P₁ la conductividad encontrada excedió el límite recomendado con 479,5, 273 y 351 $\mu\text{mhos/cm}$ respectivamente. En el 2005 en todos los puntos se cumplió con el rango. En el 2006 en P₃ y P₂ con 205 y 204 $\mu\text{mhos/cm}$ respectivamente se superó el rango, lo cual ocurre generalmente en cuerpos de agua contaminados por vertimientos de origen doméstico y también está asociado al uso de fertilizantes. Según el estudio de impacto ambiental realizado por la Oficina de Planeación Territorial en 2010.

Figura 8. Registro de conductividad en los puntos de monitoreo.



Fuente: Datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

7.3.5 Sólidos. Los sólidos totales son las partículas presentes en el agua de naturaleza orgánica e inorgánica, en forma de materia flotante, sedimentables, en suspensión, coloidal y disuelta. En este estudio se consideran los sólidos suspendidos y totales.

7.3.6 Sólidos suspendidos. Para el análisis de los sólidos reportados en los análisis se presentan las diferencias entre la muestra tomada en el vertimiento y aguas abajo del mismo, con el fin de conocer el aporte de éstos sobre la Ciénaga del Miramar.

Cuadro 7. Residuos sólidos totales y suspendidos en los puntos de monitoreo.

Año	Análisis de sólidos	Puntos de monitoreo	Porcentaje de aportes de sólidos suspendidos
2003	Suspendidos	Entre P3 y P4	43%
		Entre P1 y P2	40%
	Totales	Entre P3 y P4	50%
		Entre P1 y P2	12%
2004	Suspendidos	Entre P3 y P4	17%
		Entre P1 y P2	16%
	Totales	Entre P3 y P4	52%
		Entre P1 y P2	14%
2005	Suspendidos	Entre P3 y P4	54%
		Entre P1 y P2	19%
	Totales	Entre P3 y P4	7%
		Entre P1 y P2	14%
2006	Suspendidos	Entre P3 y P4	50%
		Entre P1 y P2	7%
	Totales	Entre P3 y P4	2%
		Entre P1 y P2	Se mantuvo constante la concentración de sólidos totales
2010	Suspendidos	Entre P1 y P2	11%
	Totales		8%

Fuente: Adaptado de datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

Las concentraciones encontradas para los sólidos suspendidos y totales se consideran altas, lo cual es una de las características de aguas contaminadas. También se puede evidenciar un aumento de las mismas aguas abajo de los vertimientos debido a la carga de sedimentos e impurezas que aportan a la Ciénaga del Miramar²⁶.

7.3.7 Sulfatos. El ión sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a la disolución de los yesos, dependiendo su concentración de los terrenos drenados. Se encuentra disuelto en las a aguas debido a su estabilidad y resistencia a la reducción. Tiende a formar sales con los metales pesados disueltos en el agua, y debido a que el valor del producto de solubilidad de dichas sales es muy bajo, contribuye muy eficazmente a disminuir su toxicidad.

Cuadro 8. Sulfatos presentes en los puntos de monitoreo.

Año	Puntos de monitoreo	Porcentaje de variación de sulfatos
2003	Entre P1 y P2	45%
	Entre P3 y P4	75%
2006	Entre P1 y P2	9%
	Entre P3 y P4	15%
2007	Entre P1 y P2	15%
	Entre P3 y P4	No presenta diferencia
2008	Entre P1 y P2	5%
	Entre P3 y P4	31%
2010	Entre P1 y P2	21%

Fuente: Adaptado de datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

²⁶ PEÑA, Gonzalo. 2003.

7.3.8 Sulfuros. El sulfuro de hidrógeno es un gas muy soluble en el agua, de 3,5 a 7 g/l en condiciones normales, de olor a huevo podrido y muy venenoso. Las aguas que contengan sulfuro de hidrógeno serán muy tóxicas a pH ácidos, incluso para las bacterias. La toxicidad disminuirá extraordinariamente a pH básicos.

Los sulfuros presentan en concentraciones muy bajas según los datos encontrados para los puntos de estudio, dependiendo del método utilizado fueron reportados como una concentración menor a 0,1 g/L y menor a 0,05 g/L de acuerdo al método utilizado para su determinación.

La presencia de sulfuro de hidrógeno en las aguas está relacionado con una descomposición anaeróbica, precisamente relacionado con los niveles anóxicos, los cuales fueron reportados anteriormente en los resultados de oxígeno disuelto.

7.3.9 Metales. Son micro contaminantes inorgánicos (se hallan en pequeña concentración), pero tienden a persistir en el medio ambiente indefinidamente, por lo que representan una amenaza más seria que los compuestos orgánicos, que pueden ser más o menos persistentes.

Cuadro 9. Metales presentes en puntos de monitoreo.

Punto de muestreo	2002		2004			2008				2010		
	P2	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P4
Al (mg/l)	0,14	0,26	0,07	0,4	0,05	-	1,71	1,25	1,12	-	-	-
Cu (mg/l)	0,018	0,021	0,028	0,025	0,033	0,01	0,03	0,01	12,76	0,06	0,12	0,14

Fuente: Adaptado de datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

Los resultados obtenidos reflejan concentraciones muy pequeñas, en la mayoría de las muestras no son perceptibles por los equipo de medición utilizados. En el Cuadro 9 se presentan las concentraciones encontradas de aluminio y cobre en algunas de las muestras estudiadas.

Aunque la concentración de un metal pesado en el agua suele ser muy pequeña, sin embargo, el mayor problema que presenta el medio ambiente en general es la posibilidad de que sufra bioconcentración.

No es de extrañar que a partir de concentraciones despreciables (trazas) de metales pesados en las aguas residuales, se hallen altas concentraciones de los mismos metales en organismos superiores de la pirámide alimenticia, como en peces o aves, debido a la biomagnificación de estos elementos a través de la cadena trófica.

Cuadro 10. Concentración de otros metales presentes en los puntos de monitoreo según resultados de análisis del 2010.

Punto de muestreo	P1	P2	P3
Boro (mg/l)	0,66	0,35	0,70
Bario (mg/l)	0,27	0,34	0,32
Cromo (mg/l)	0,22	0,26	0,28
Hierro (mg/l)	0,29	0,55	0,36

Fuente: Adaptado de datos de la Oficina de Planeación Territorial, 2010.

En el caso de metales como hierro, plomo, bario, cromo, boro según los resultados de monitoreos realizados entre 2002 y 2009 se encontraron concentraciones inferiores al límite de detección, por lo que solo se reportan los resultados obtenidos en el 2010, cuyas concentraciones fueron inferiores a 1 mg/L.

En los años en los que se analizaron los agentes tensoactivos en la mayoría de los casos no se obtuvo un valor inferior al límite detectable del método utilizado, sin embargo en el 2006 se encontró una concentración de 0,29 mg/L, así mismo en el 2007 se reportaron 1,16 mg/L. En el 2010 se reportaron 0,51 mg/L para P₁ y P₂ y 0,55 mg/L para P₃.

7.3.10. Tensoactivos. La estructura de los detergentes en el agua provoca una orientación particular de sus moléculas en la superficie del agua: las cabezas están en el agua y las cadenas hidrocarbonadas sobresalen hacia el aire.

La concentración de moléculas en la superficie del agua provoca que su tensión superficial disminuya. Los compuestos que presentan este comportamiento se llaman tensoactivos, surfactantes o surfactivos. Los jabones son surfactivos clásicos utilizados en el lavado de ropa.²⁷

En los reportes consultados entre 2000 y 2009 no se encontraron registros sobre la presencia de tensoactivos en los puntos de análisis. Sin embargo, en los análisis fisicoquímicos que se desarrollaron para efectos de este estudio, se puede observar que la concentración de tensoactivos en el agua se encuentra entre 0,35 y 0,75 mg/L con resultados similares en los puntos para cada monitoreo.

Estudios realizados reflejan que estas concentraciones perturban la sedimentación primaria, alteran la transferencia y la disolución del oxígeno por la presencia de una capa superficial protectora que dificulta la renovación del oxígeno disuelto en el agua²⁸, lo cual justifica los niveles tan bajos de oxígeno disuelto en el agua según los análisis fisicoquímicos.

²⁷ STEPHEN, S. y SPENCER, S., 1981.

²⁸ WOLFGANG, L. 1981.

Además de los efectos físicos las espumas y aumento de las sales de calcio que contribuye a la dureza del agua, también representa una alteración estética y la posibilidad de transportar bacterias patógenas y virus²⁹.

7.3.11 Parámetros fisicoquímicos evaluados durante la realización de la monografía.

Cuadro 11. Caracterización de las aguas residuales.

PARÁMETRO	Tipo de Muestra: Agua Residual			Tipo de Muestreo: Puntual
	RESULTADOS			MÉTODO
	M1a	M1b	M2	
Cadmio (mg Cd/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Níquel (mg Ni/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/L)	0,05	0,11	0,13	Absorción Atómica
Hierro (mg Fe/L)	0,36	0,43	0,39	Absorción Atómica
Plomo (mg Pb/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/L)	0,25	0,35	0,28	Absorción Atómica
Cromo Total (mg Cr/L)	0,18	0,22	0,25	Absorción Atómica
Vanadio (mg V/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Boro (mg B/L)	0,77	0,56	0,60	Espectrofotométrico
Tensoactivos (mg SAAM/L)	0,40	0,36	0,37	Espectrofotométrico
Sulfatos (mg SO ₄)-2/L	24,2	39,7	37,6	Espectrofotométrico
Sulfuros (mg S-2/L)	0,05	0,09	0,10	Espectrofotométrico
Sólidos Totales (mg/L)	278	312	305	Gravimétrico
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	153	247	266	Gravimétrico
M1a: Caño de las Lavanderas. M1b: Ciénaga Miramar a 50 m del vertimiento. M2: Ciénaga Miramar aguas abajo del vertimiento del Caño Las Camelias.				

Fuente. La Autora.

²⁹ CENEAR, 1997.

Cuadro 12. Caracterización de las aguas residuales.

Tipo de Muestra: Agua Residual		Tipo de Muestreo: Puntual		
PARÁMETRO	RESULTADOS			MÉTODO
	M1a	M1b	M2	
Cadmio (mg Cd/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Níquel (mg Ni/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/L)	0,07	0,13	0,15	Absorción Atómica
Hierro (mg Fe/L)	0,21	0,26	0,33	Absorción Atómica
Plomo (mg Pb/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/L)	0,28	0,32	0,36	Absorción Atómica
Cromo Total (mg Cr/L)	0,26	0,29	0,3	Absorción Atómica
Vanadio (mg V/L)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	Absorción Atómica
Boro (mg B/L)	0,55	0,53	0,79	Espectrofotométrico
Tensoactivos (mg SAAM/L)	0,61	0,65	0,72	Espectrofotométrico
Sulfatos (mg SO ₄ -2/L)	40,5	42,9	46,3	Espectrofotométrico
Sulfuros (mg S-2/L)	0,1	0,12	0,1	Espectrofotométrico
Sólidos Totales (mg/L)	284	316	289	Gravimétrico
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	193	177	165	Gravimétrico

M1a: Caño de las Lavanderas. M1b: Ciénaga Miramar a 50 m del vertimiento.
M2: Ciénaga Miramar aguas abajo del vertimiento del Caño Las Camelias.

Fuente. La Autora.

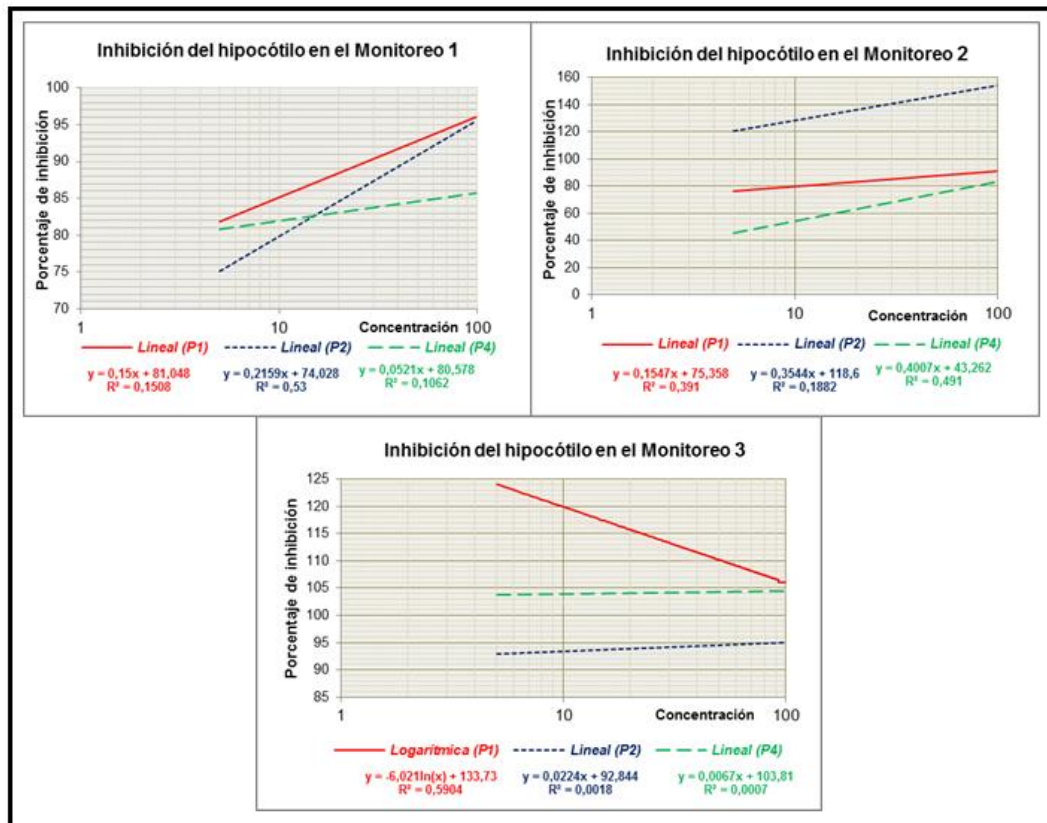
7.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES BASADA EN BIOENSAYOS.

7.4.1. Bioensayos con semillas de Lactuca sativa L.

7.4.1.1 Inhibición del hipocótilo. Se trata de evaluar los efectos subletales cuantificados de los vertimientos sobre la elongación de la radícula o del hipocótilo.

Se hace dos tipos de análisis, en el primero se observa la variación presentada entre los diferentes monitoreos para efectuados entre los mismos puntos; en el segundo se observa la variación producida entre los diferente puntos, para un mismo monitoreo. Los resultados se presentan en *los Cuadros 12 y 13*, y se representan en los gráficos mostrados en *las Figuras 9 y 10*.

Figura 9. Variación hipocótilo entre monitoreos.

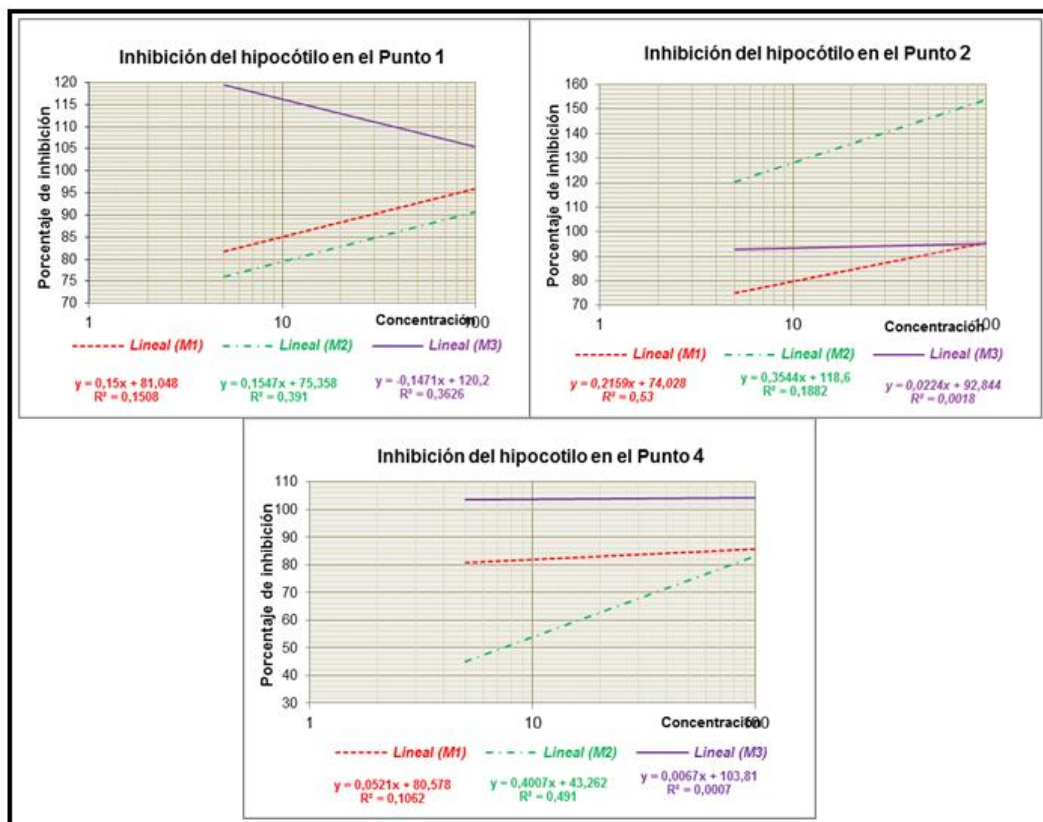


Fuente. La Autora.

En la *Figura 9* se puede observar que para el monitoreo 1 las pendientes son positivas en los tres puntos del monitoreo, quiere decir que en los mismos se presentó inhibición del crecimiento del hipocótilo, P_2 presenta la mayor pendiente, este punto corresponde a un punto ubicado a 50 m aguas abajo del vertimiento de

La Lavandera. Esto puede deberse al aumento de la concentración entre los puntos P₁, P₂ y P₄ de los metales (Cu, Fe, Ba, Cr), sulfatos, sulfuros, sólidos totales y suspendidos que se evidenciaron en los análisis fisicoquímicos. Así mismo, para el monitoreo 2 se obtuvieron pendientes positivas en los tres puntos, en este caso P₂ presenta el mayor porcentaje de inhibición en el hipocótilo lo cual puede deberse a que esta después de un vertimiento por lo que la concentración de metales, sulfatos, sulfuros, sólidos totales y suspendidos. En el monitoreo 3 el punto P₁ presenta una pendiente negativa que corresponde a un estímulo en la prolongación del hipocótilo, ya que a medida que aumenta la concentración del contaminantes disminuye el porcentaje de inhibición.

Figura 10. Variación hipocótilo entre puntos de monitoreo.



Fuente. La Autora.

En *la Figura 10* para P_1 , se puede observar pendientes positivas en los monitoreos 1 y 2, lo que indica el efecto letal sobre el hipocótilo, por el contrario en el tercer monitoreo se observa estimulación del crecimiento del hipocótilo.

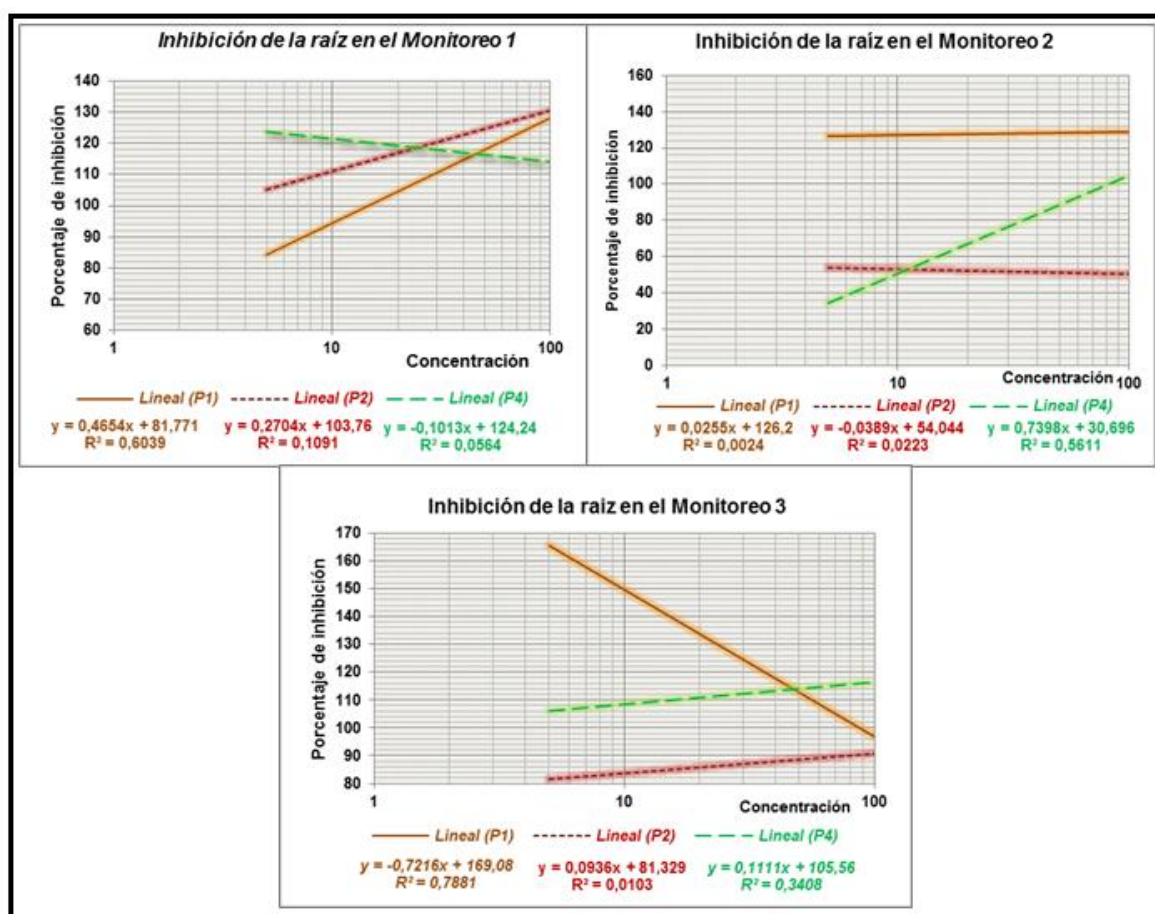
En el punto P_2 para los monitoreos 1 y 2 se obtuvieron compartimientos similares con pendientes positivas, es decir hay inhibición, en P_4 el porcentaje de inhibición fue prácticamente el mismo en las diferentes diluciones preparadas de la muestra de agua residual. Esta variación de los resultados entre los monitoreos para un mismo punto puede deberse a que la toma de muestra se realizó en periodo de lluvias sobre todo entre octubre y noviembre que fue cuando se llevó a cabo el monitoreo 3.

7.4.1.2 Inhibición del desarrollo de la raíz. Se realizó la prueba de la prolongación de la raíz y resultó sensible en la evaluación de este tipo de muestra de agua residual.

Al igual que en la inhibición del hipocótilo se hacen dos tipos de análisis, en el primero se observa la variación presentada entre los diferentes monitoreos efectuados entre los mismos puntos; en el segundo se observa la variación producida entre los diferente puntos, para un mismo monitoreo. Los resultados se presentan en *los Cuadros 14 y 15*, y se representan en los gráficos mostrados en *las Figuras 11 y 12*.

En *la Figura 11* se puede observar que en el monitoreo 1 los punto P_1 y P_2 presentan un aumento de la inhibición del crecimiento de la raíz a medida que aumenta la concentración del agua residual en las diluciones preparada a diferencia del punto P_4 donde disminuye la inhibición de la raíz a mayor concentración de la muestra.

Figura 11. Variación raíz entre monitoreos.

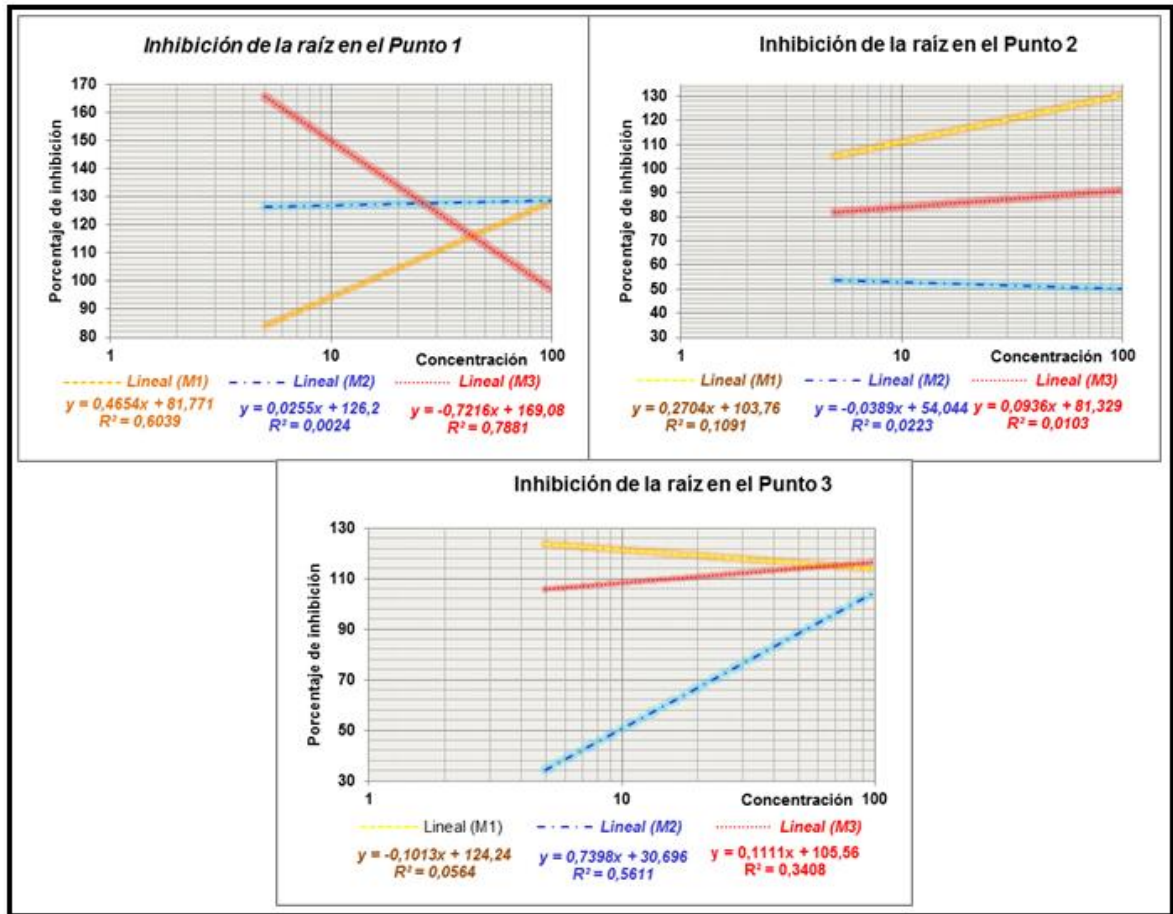


Fuente. La Autora.

En el monitoreo 2 la mayor pendiente se presenta en P₄, en P₁ la inhibición de la raíz se mantiene prácticamente constante en las distintas diluciones preparadas. P₂ presenta una mayor prolongación de la raíz a medida que aumenta la concentración de la dilución preparada.

En el monitoreo 3, P₁ y P₄ tienen prácticamente la misma pendiente, que evidencia la mayor inhibición de la raíz a medida que aumenta la concentración de la muestra. Por otro lado para P₃ se obtuvo un aumento de la prolongación de la raíz a mayor concentración de la dilución de la muestra preparada.

Figura 12. Variación raíz entre puntos de monitoreo.



Fuente. La Autora.

En la figura 12 puede observarse que el punto P_1 presenta pendiente positiva en los monitoreos 1 y 2 a diferencia del monitoreo 3 donde se puede observar que la prolongación de la raíz aumenta a medida que aumenta la concentración de la dilución. En P_2 para los tres monitoreos se obtuvo pendiente positiva, en el monitoreo 1 se pudo observar el mayor porcentaje de inhibición en la prolongación de la raíz. En P_4 para los monitoreos 2 y 3 se evidencia menor prolongación de la raíz a medida que aumenta la concentración de la muestra de agua residual, como ocurrió con la prueba realizada para el hipocótido.

La variación de los resultados obtenidos para el mismo punto en los tres monitoreos puede deberse a las variaciones en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos por el aumento de las lluvias que se presentó durante la toma de muestra del tercer monitoreo.

Cuadro 13. Resultados de bioensayos en semillas de *Lactuca sativa* L.

CONCEN	Monitoreo 1			Monitoreo 2			Monitoreo 3		
	P1	P2	P4	P1	P2	P4	P1	P2	P4
5	69,77	122,09	101,16	122,09	41,86	6,98	146,51	55,81	97,67
10	80,23	59,30	129,07	139,53	55,81	52,33	167,44	97,67	115,12
25	104,65	125,58	129,07	97,67	59,30	83,72	153,49	62,79	111,63
50	122,09	153,49	136,05	156,98	55,81	38,37	153,49	150,00	108,14
75	125,58	111,63	125,58	125,58	62,79	94,19	118,60	66,28	111,63
100	111,63	122,09	97,67	122,09	38,37	104,65	83,72	80,23	118,60
CONTROL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente. La Autora.

Los resultados obtenidos en los bioensayos realizados en las semillas de *Lactuca sativa* L. tanto en período de seco como en período de lluvia evidenciaron inhibición de la prolongación del hipocótilo y de la raíz, así como la mortalidad de las semillas a través de la CL₅₀.

7.4.2 Bioensayo con larvas de zancudo *Culex quinquefasciatus*. También se realizaron bioensayos con larvas de zancudo, en los resultados obtenidos (ver Cuadro 14) se puede observar que para el monitoreo 1, P1 presentó el mayor número de larvas vivas, en este punto el índice NOEC, que se refiere a la concentración más alta de agente tóxico usada en el ensayo donde no se observan efectos adversos correspondió a una dilución preparada al 75%. Por el contrario, en P₂ prácticamente no hubo letalidad de las larvas, en este caso el índice NOEC correspondió a una dilución preparada al 100%.

Para el monitoreo 2, se presentó una menor letalidad en la población expuesta, sin embargo, el punto P₁ continuó evidenciando mayor efecto tóxico sobre las larvas de acuerdo con el número de larvas vivas que se encontraron luego de ser expuestas a la muestra de agua residual. En este monitoreo en P₄ se observa el mayor número de larvas vivas *Culex quinquefasciatus*. Han sido estudiados numerosos fenómenos sobre efectos subletales a largo plazo de los detergentes sobre el desarrollo larvario y las reacciones fisiológicas.

Todos los agentes tensoactivos se han mostrado como peligrosos, incluso a débiles concentraciones³⁰. A corto plazo, es difícil determinar la toxicidad de los productos, se admite que las algas y ciertos animales como los poliquetos son muy sensibles a los agentes tensoactivos, a diferencia de los moluscos y crustáceos³¹. Así mismo, se han demostrado efectos tóxicos de distintos metales durante el desarrollo embrionario de los anfibios, los más importantes son en el desarrollo alcanzado y malformaciones.

Cuadro 14. Resultados de bioensayos en larvas.

Concentración	MUESTREO 1			MUESTREO 2		
	P1	P2	P4	P1	P2	P4
5	17	20	20	18	20	20
10	12	20	19	20	20	20
25	12	19	20	18	19	20
50	12	20	18	20	20	20
75	16	20	19	18	20	20
100	12	20	19	20	20	17
Control	20	20	20	20	20	20
NOEC	75	100	90	95	100	100

Fuente. La Autora.

³⁰ SOUDAN, 1972.

³¹ PERKINS, 1968.

Sin embargo, en este estudio los efectos letales sobre las larvas fueron significativos para el monitoreo 1 en el punto P₁, hay que tener en cuenta que el monitoreo 2 fue realizado cuando ya se estaban presentando fuertes lluvias, por lo que la concentración de los agentes tóxicos disminuyó, así lo reflejan los resultados de los análisis fisicoquímicos. Los resultados del monitoreo 3 no se presentan ya que todas las larvas sobrevivieron durante la exposición a la muestra.

Al igual que en las semillas de lechuga, se pudo observar que existen efectos letales de las sustancias químicas presentes en las aguas residuales domésticas de los caños Las Lavanderas y Las Camelias, los bioensayos realizados en las larvas vivas *Culex Quinquemaculatus* demuestran el efecto de las sustancias químicas tanto en épocas secas como en periodos de lluvia.

7.5. RESULTADOS DE ENCUESTAS.

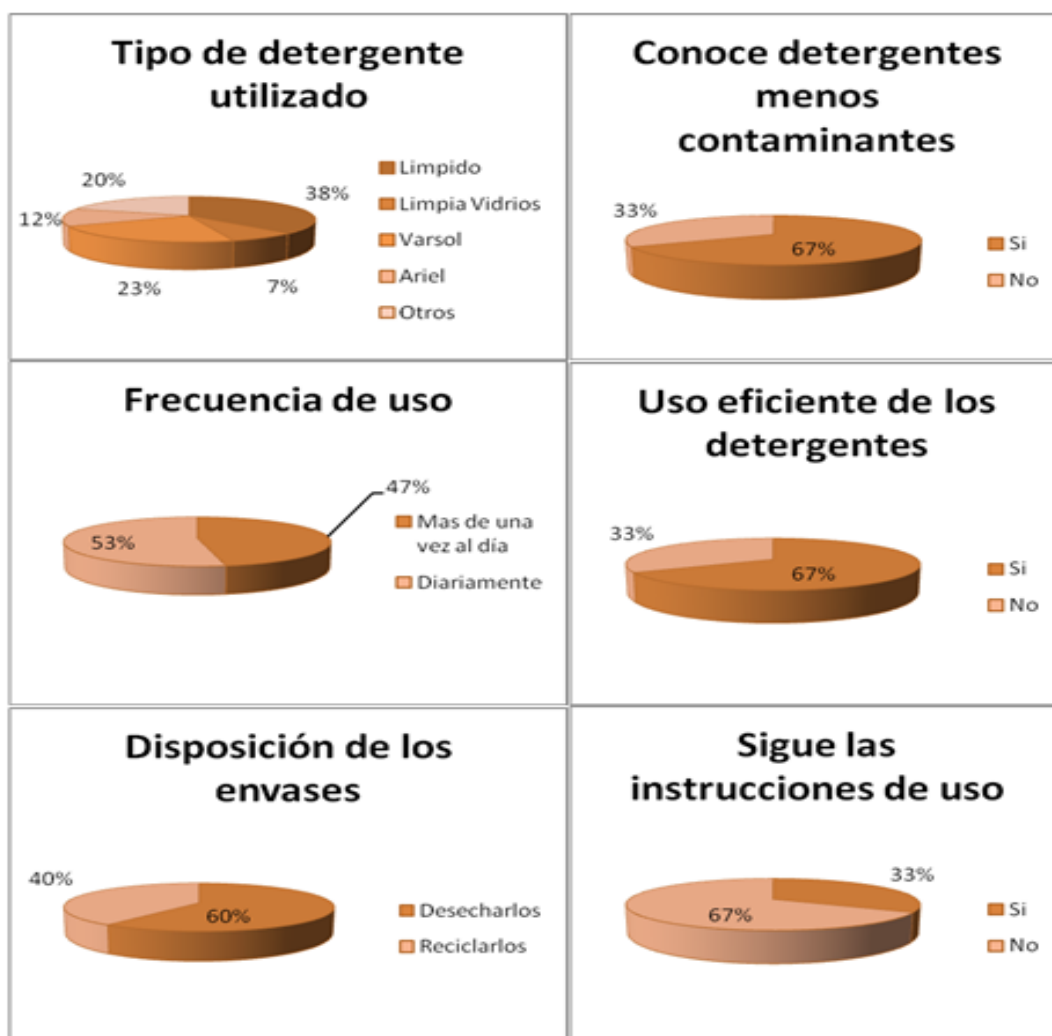
Se aplicaron encuestas (*ver Anexo 1*) a la población que se encuentra en el área de influencia de los puntos de muestreo, a fin de conocer el modo de uso de los detergentes, los cuales son desechados a través de las aguas residuales domésticas que constituyen los caños de La Lavandera y Las Camelias que terminan vertiéndose en La Ciénaga del Miramar. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

En *la Figura 13* se puede observar los resultados obtenidos para las encuestas aplicadas en 30 casas aplicando un muestreo no probabilístico. Acerca del uso de los detergentes se puede concluir lo siguiente:

- Entre los detergentes más usados se encuentra el límpido y el varsol.
- La mayoría de las personas encuestadas hacen un uso eficiente de los detergentes.

- Los detergentes son utilizados diariamente.
- La mayoría de las personas siguen las instrucciones de uso.
- Una vez se termina el detergente los envases son desechados y en menor proporción son reciclados.
- La mayoría de las personas encuestadas no conoce detergentes menos contaminantes.

Figura 13. Resultados de encuestas aplicadas a muestra de población en el área de influencia de Las Camelias y Las Lavanderas.



Fuente. La Autora.

8. CONCLUSIONES

- El análisis realizado a la información consultada sobre caracterizaciones realizadas en los caños Las Lavanderas, Las Camelias y La Ciénaga del Miramar, permitió en la Ciénaga del Miramar se ha superado su capacidad de autodepuración no solo por las aguas residuales industriales, sino también por los efluentes provenientes de zonas residenciales que no cuentan con sistemas de alcantarillado como los caños Las Camelias y Las Lavanderas. Uno de los aspectos más determinantes en esta problemática es la falta de consolidación de la información a nivel local sobre el estado y el manejo de las aguas residuales, ya que la información con que se cuenta es imprecisa y poco sólida.
- Los análisis fisicoquímicos toxicológicos realizados evidencian el aporte de agentes tóxicos letales provenientes de las aguas residuales domésticas de los caños Las Lavanderas y Las Camelias, que a pesar de que en los resultados estén en niveles "despreciables", afecta el equilibrio natural de La Ciénaga del Miramar, superando su capacidad de autodepuración. Un ejemplo de ello es el proceso de eutrofización presente en este cuerpo de agua.
- Se observó la misma respuesta en las especies bioindicadoras, *Lactuca Sativa L.* y *Culex Quinquetasciatus Sp.*, tanto en tiempo seco (muestreo 1) como en el período de lluvia (muestreo 2 y 3), que se evidenció a través de la CL₅₀. Donde se pudo observar la mortalidad de las larvas y de la inhibición de la prolongación del hipocótilo y la raíz en el caso de las semillas de lechuga.
- Comparando los registros de caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en las caracterizaciones de la Ciénaga del Miramar, los caños Las Lavanderas

y Las Camelias en los últimos 10 años, se puede observar que no se han presentado cambios significativos en la concentración de los contaminantes caracterizados. Sin embargo, los informes y estudios consultados se encuentran desactualizados o incompletos, ya que son análisis realizados por contratistas de ECOPETROL S.A. otros se encuentran desactualizados y los reportes no presentan un soporte técnico que permita tener una mayor confiabilidad de la información analizada. Además no se cuenta con información sobre el funcionamiento general, eficiencia y criterios operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas que permita conocer el estado actual de los mismo y su impacto sobre el recurso hídrico.

- Se requiere un mayor compromiso para la preservación y recuperación del recurso hídrico en el área de estudio, tanto los entes gubernamentales como la comunidad deben participar en la implementación de un programa de saneamiento básico con el objetivo de hacer una recolección y disposición adecuada de residuos sólidos y líquidos, acompañado de un programa de educación ambiental con el fin de crear conciencia ambiental entre los habitantes de la zona entorno a la recuperación, conservación y uso racional de los recursos naturales.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar los monitoreos en período seco para evaluar las respuestas de las pruebas ecotoxicológicas a través de larvas y de las semillas durante la exposición a estas muestras.
- En este estudio no se logró obtener permiso por parte de ECOPETROL S.A. para realizar el monitoreo en el vertimiento de Las Lavanderas ya que se encuentra dentro de refinería por lo que se sugiere en próximas investigaciones, gestionar este permiso a través de la empresa contratista que esté a cargo de la caracterización de los vertimientos que se encuentran en los límites de la empresa para así poder contar con las muestras de este vertimiento.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALIXTO, Diana. Evaluación ecotoxicológica de un biocida convencional y un biocida no convencional mediante la aplicación de bioensayos de toxicidad aguda en ambientes acuáticos. Especialización en Química Ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. 2004. 100p.

CASTILLO, Gabriela. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México D.F.: IMTA, 2004. 179 p.

CHAPMAN, P.M., 2000. Whole effluent toxicity testing—usefulness, level of protection, and risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19 (1), 3–13.

GREENBERG, A., CLESCERI, L. and EATON, A. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 1992. 18 ed. APHA, AWWA, WEF.

HENRY, Linda. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales: orientación para muestreo y análisis de datos. 1997. CEPIS-OPS-OMS.

HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ C. y BAPTISTA P. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana. México, 2003.

IANNACONE J., ALVARIÑO L. y DALE, W. Pruebas ecotoxicológicas como una herramienta para la evaluación del impacto ambiental. Lima, Perú. 1998.

IANNACONE, J. y ALVARIÑO L. Efecto del detergente doméstico alquil-aril sulfonato de sodio lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en el Perú. *Ecología Aplicada*, vol. 1. Número 001 Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú. 2006. pp. 81-87.

IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá. 2004.

KITVATANACHAI, Sirima, APIWATHNASORN, Chamnarn, LEEMINGSAWAT, Somjai, WONGWIT, Waranya, TORNEE, SONGPOL, Tornee. Determination of lead toxicity in *Culex Quinquifasciatus* mosquitoes in the laboratory.

McFETTERS, G.A., BOND, P.J., OLSON, S.B., TCHAN, Y.T., 1983. A comparison of microbial bioassays for the detection of aquatic toxicants. *Water Research* 17 (12), 1757–1762.

MICHAEL T. Klare. Guerras por los recursos. El futuro escenario del conflicto global. Ediciones Urano S.A. Barcelona. 2003.

MULLEN, L. and DURDEN, L. 2002. *Medical and Veterinary Entomology*. Academic Press (Elsevier). 597 p. ISBN-13: 978-0-12-510451-7.

NAVARRO, A.R., ARRUETA, R.G. y MALDONADO, M.C. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. En: *Revista de Toxicología*. 2006. vol. 23, no. 2-3, p. 125-129.

PEÑA, Gonzalo. *Sistemas de tratamiento de agua potable y residuales*, UIS, Bucaramanga, 2003.

RESTREPO, Ricardo y ARIAS, Álvaro. Método Continuo para la evaluación de vertimientos industriales. ECOPETROL ICP, 6:11. 5-10P. Trabajo presentado en el III Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bucaramanga, Colombia. Octubre, 8-10 de 1998.

STEPHEN Stoker, SPENCER Seager. QUÍMICA AMBIENTAL: Contaminación del aire y del agua, 1998.



UNION TEMPORAL Y LA OFICINA DE PLANEACIÓN TERRITORIAL. Plan de manejo y ordenamiento de las Quebradas Las Camelias y Las Lavanderas. Fase diagnóstico. Barrancabermeja, Colombia. 2006.

VANROLLEGHEM, PA; KONG, Z; ROMBOUTS, G and VERSTRAETE, W. An On-Line Respirographic Biosensor for the Characterization of Load and Toxicity of Wastewaters. J. Chem. Tech. Biotechnol. (1994). 59: 321 – 333.

WANG, W., Root Elongation Method for Toxicity Testing of Organic and Inorganic Pollutants. Environmental Toxicology and Chemistry 6, 409-414. 1998.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta.

 Universidad Industrial de Santander CONSTRUIMOS FUTURO		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE QUÍMICA
--	---	---

CUESTIONARIO PARA ESTUDIO DE VERTIMIENTOS LAS CAMELIAS Y LAS LAVANDERAS

Instrucciones: Seleccione la opción que considere es correcta para usted, rellenando el recuadro blanco que se encuentra a la derecha de cada opción de respuesta. Aquí no hay respuestas malas ni buenas, solo queremos conocer su opinión. Su aporte será muy importante para nuestra investigación.

1.- **¿Qué tipo de detergentes y/o limpiadores utiliza para el aseo de su hogar?**
a) Limpido b) Limpia vidrios c) Varsol d) Ariel
e) Otros Especifique: _____

2.- **¿Con qué frecuencia los utiliza?**
a) Varias veces al día
b) Diariamente
b) Otros (especifique): _____

3.- **¿Sigue las recomendaciones que se indican en el recipiente?**
a) Si
b) No Cómo lo utiliza? _____

4.- **¿Trata de usar lo que queda en los recipientes de la manera más eficaz posible?**
a) Siempre b) Ocasionalmente c) Nunca

5.- **¿Cuándo termina el contenido de los productos de limpieza, qué hace con los recipientes?**

6. **¿Conoce alternativas de productos de limpieza menos agresivos?**
a) Si Nombre algunas: _____

b) No

Fuente. La Autora.

Anexo 2. Monitoreo vertimiento Las Lavanderas.



Fuente. La Autora.

Anexo 3. 50 m abajo de Las Lavanderas.



Fuente. La Autora.

Anexo 4. Aguas abajo de Las Camelias.



Fuente. La Autora.

Anexo 5. Trabajo de laboratorio.



Fuente. Trabajo de laboratorio.