

**DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TAPIAS  
QUE ABASTECE EL ACUEDUCTO DE RIOHACHA.**

**NATALIA FUENTES MOLINA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2006**

**DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TAPIAS  
QUE ABASTECE EL ACUEDUCTO DE RIOHACHA.**

**NATALIA FUENTES MOLINA**

**Monografía para optar el título de  
Especialista en Química Ambiental**

**Director**

**Dr. JAIME RAUL PINTO BERMUDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2006**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
3. MARCO REFERENCIAL	17
3.1 CUERPO DE AGUA EN ESTUDIO	17
3.1.1 Generalidades	17
3.1.2 Localización General	19
3.2 TOMA, TIPOS Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS	20
3.3 PARAMETROS DE ANALISIS	24
3.3.1 pH	24
3.3.2 Oxigeno Disuelto	25
3.3.3 Temperatura	27
3.3.4 Conductividad	27
3.3.5 Nitratos	28
3.3.6 Nitritos	28
3.3.7 Amonio	29
3.3.8 Turbiedad	29
3.3.9 Alcalinidad	32
3.3.10 Dureza	33
3.3.11 Cloruros	35
3.3.12 Sulfatos	36
3.3.13 Hierro	37
3.3.14 Sólidos	38

3.3.14.1 Sólidos disueltos	39
3.3.14.2 Sólidos suspendidos	39
3.3.15 Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	39
3.3.16 Fosfatos	41
3.3.17 Coliformes	41
3.4 CONSIDERACIONES LEGALES	42
3.4.1 Decreto 1594 de junio 26 de 1984	42
4. METODOLOGÍA	44
4.1 ETAPA I PREDIAGNOSTICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	44
4.2 ETAPA II EVALUACIÓN O DIAGNOSTICO	45
4.2.1 Recolección, transporte y preservación de las muestras	45
4.2.2 Muestreos	45
4.2.3 Estaciones	46
4.2.4 Parámetros unidades y del análisis fisicoquímico y microbiológico	47
4.2 ETAPA III PLAN DE MANEJO	48
5. RESULTADOS	50
5.1 DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS HIDROMETEREOLÓGICOS	50
5.1.1 Hidrología	50
5.1.1.1 Morfometría de la cuenca	51
5.1.1.2 Micro cuencas	52
5.1.2 CLIMATOLOGÍA	52
5.1.2.1 Temperatura	53
5.1.2.2 Vientos	54
5.1.2.3 Humedad Relativa	54
5.1.2.4 Evaporación	55
5.1.2.5 Brillo Solar	55
5.1.2.6 Nubosidad	55

5.1.2.7 Balance Hídrico	56
5.1.2.8 Caudales Medios Mensuales del Río Tapias	59
5.2 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA	60
5.2.1 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río tapias	
estac N° 1 aguas arriba del río tapias	60
5.2.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río tapias	
estac N° 2 aguas abajo del río Tapias	61
5.2.3 pH	62
5.2.4 Oxígeno disuelto	63
5.2.5 Temperatura	64
5.2.6 Conductividad	65
5.2.7 Nitratos	66
5.2.8 Nitritos	67
5.2.9 Amonio	68
5.2.10 Turbiedad	69
5.2.11 Alcalinidad	70
5.2.12 Dureza	72
5.2.13 Cloruros	73
5.2.14 Sulfatos	74
5.2.15 Hierro	76
5.2.16 Sólidos Totales	77
5.2.17 Demanda bioquímica de oxígeno	78
5.2.18 Fosfatos	79
5.2.19 Coliformes	80
6. CONCLUSIONES	81
7. RECOMENDACIONES	84
8. BIBLIOGRAFIA	86
9. ANEXOS	88

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro N° 1</b> Clasificación en grados de la dureza	32
<b>Cuadro N° 2</b> Criterio de calidad del agua que necesitan un tratamiento convencional para su potabilización	41
<b>Cuadro N° 3</b> Parámetros unidades y técnicas del análisis fisicoquímico y Microbiológicos	46
<b>Cuadro N° 4</b> Longitud de los cauces principales de la cuenca	49
<b>Cuadro N° 5</b> Principales micro-cuencas	50
<b>Cuadro N° 6</b> Balance hídrico de la cuenca hidrográfica del río Tapias	55
<b>Cuadro N° 7</b> Caudales Medios Mensuales del Río Tapias	56
<b>Cuadro N° 8</b> Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río tapias estación N° 1 aguas arriba del río Tapias	60
<b>Cuadro N° 9</b> Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río tapias estación N° 2 aguas abajo del río Tapias	61
<b>Cuadro No 10</b> Datos pH en el Río Tapias	62
<b>Cuadro N° 11</b> Datos oxígeno disuelto en el río Tapias	63
<b>Cuadro N° 12</b> Datos temperatura en el río Tapias	64
<b>Cuadro N° 13</b> Datos conductividad en el río Tapias	65
<b>Cuadro N° 14</b> Datos nitratos en el río Tapias	66
<b>Cuadro N° 15</b> Datos nitritos en el río Tapias	67
<b>Cuadro N° 16</b> Datos amonio en el río Tapias	68
<b>Cuadro N° 17</b> Datos turbiedad en el río Tapias	69
<b>Cuadro N° 18</b> Datos alcalinidad en el río Tapias	70
<b>Cuadro N° 19</b> Datos Dureza en el río Tapias	72
<b>Cuadro N° 20</b> Datos Cloruros en el río Tapias	73
<b>Cuadro N° 21</b> Datos Sulfatos en el río Tapias	74

<b>Cuadro N° 22</b> Datos Hierro en el río Tapias	76
<b>Cuadro N° 23</b> Datos Sólidos en el río Tapias	77
<b>Cuadro N° 24</b> Datos DBO <sub>5</sub> en el río Tapias	78
<b>Cuadro N° 25</b> Datos Fosfatos en el río Tapias	79
<b>Cuadro N° 26</b> Datos Coliformes en el río Tapias	80

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N° 1</b> Localización general del río Tapias	19
<b>Figura N° 2</b> Comportamiento del pH en el río Tapias	62
<b>Figura N° 3</b> Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Tapias	63
<b>Figura No 4</b> Comportamiento de la temperatura del río Tapias	64
<b>Figura N° 5</b> Comportamiento de la conductividad en el río Tapias	65
<b>Figura N° 6</b> Comportamiento de los nitratos en el río Tapias	66
<b>Figura N° 7</b> Comportamiento de los nitritos en el río Tapias	67
<b>Figura N° 8</b> Comportamiento del amonio en el río Tapias	69
<b>Figura N° 9.</b> Comportamiento de la turbiedad en el río Tapias	70
<b>Figura N° 10</b> Comportamiento de la alcalinidad en el río Tapias	71
<b>Figura N° 11</b> Comportamiento de la dureza en el río Tapias	72
<b>Figura N° 12</b> Comportamiento de los cloruros en el río Tapias	73
<b>Figura N° 13</b> Comportamiento de los sulfatos en el río Tapias	75
<b>Figura N° 14</b> Comportamiento del hierro en el río Tapias	76
<b>Figura N° 15</b> Comportamiento de los sólidos en el río Tapias	77
<b>Figura N° 16</b> Comportamiento de la DBO <sub>5</sub> en el río Tapias	78
<b>Figura N° 17</b> Comportamiento de los fosfatos en el río Tapias	79
<b>Figura N° 18</b> Comportamiento de los coliformes en el río Tapias	80

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Foto N° 1</b> Río Tapias, Estación N° 1 aguas arriba de la bocatoma del río Tapias	87
<b>Foto N° 2</b> Río Tapias, Estación N° 2 aguas debajo de la bocatoma del río Tapias	87
<b>Foto N° 3</b> Río Tapias sector Naranjal	88
<b>Foto N° 4</b> Río Tapias sector Tomarazón	88
<b>Foto N° 5, 6 y 7</b> Bocatoma, canal de conducción y planta de tratamiento del acueducto de Riohacha.	89
<b>Foto N° 8</b> Cerro Cuchilla del Mico, nacimiento del río Tapias estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta	89

**TITLE**

DIAGNOSIS OF THE “CUENCA HIDROGRÁFICA” OF THE TAPIAS RIVER THAT SUPPLIES THE RIOHACHA AQUEDUCT.<sup>1</sup>

**AUTHOR:** Natalia Fuentes Molina\*\*

**PASSWORDS:** resource hídrico, parameters of physiochemical analysis and microbiológicos of the water, quality of life.

**DESCRIPTION:**

The Tapias river belongs to the Guajira department presents big problems frequently, associated to the quality and quantity of its waters, product of the contamination that one comes generating mainly for the discharges of waste waters of the different human establishments that conform the department, to this is added the material haulage by waters of escorrentía of the erosive processes that the man comes generating every day, the excessive deforestation in the Sierra high area Nevada of Santa Marta, the impunity in the nonfulfillment of the norms of contamination and of the established limitations for the areas of protection of the cuencas hidrográficas, among other aspects; while the solutions arrive, the demands are increased, the quality deteriorates and the shortage that it begins to evidence.

The present investigation allowed to evaluate the current quality in that is the cuenca hidrográfica of the Tapias river, and its affectation for activities antrópicas being able to contribute elements to support stocks, protection strategies, handling on the resource that it contribute to improve the administration of the same one.

This diagnoses it picks up the knowledge and actual analysis starting from the basic information of the net of reference of hidrometeorológicas stations, the analyses physiochemical and microbiological carried out in Corpoguajira. Part of the technical support of the process of planning and administration of the resource that it should advance the department in next years to avoid difficulties every time bigger than the readiness of the water, in that which is required the active participation of the organisms and environmental authorities as well as of the territorial entities and the different sectors.

---

<sup>1</sup> \*Monografía

\*\*Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental, Director Ing. Jaime Pinto Bermúdez

**TÍTULO:**

DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TAPIAS QUE ABASTECE EL ACUEDUCTO DE RIOHACHA.

**AUTOR:** Natalia Fuentes Molina\*\*

**PALABRAS CLAVES:** recurso hídrico, parámetros de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua, calidad de vida.

**DESCRIPCIÓN:**

El río Tapias perteneciente al departamento de La Guajira presenta con frecuencia grandes problemas asociados a la calidad y cantidad de sus aguas, producto de la contaminación que se viene generando principalmente por las descargas de aguas residuales de los diferentes asentamientos humanos que conforman el departamento, a esto se le suma el arrastre de material por aguas de escorrentía resultado de los procesos erosivos que el hombre viene generando cada día, la excesiva deforestación en la zona alta de la Sierra Nevada de Santa Marta, la impunidad en el incumplimiento de las normas de contaminación y de las limitaciones establecidas para las zonas de protección de las cuencas hidrográficas, entre otros aspectos; mientras las soluciones llegan, las demandas se incrementan, la calidad se deteriora y la escasez que se empieza a evidenciar.

La presente investigación permitió evaluar la calidad actual en que se encuentra la cuenca hidrográfica del Río Tapias, y su afectación por actividades antrópicas logrando aportar elementos para soportar acciones, estrategias de protección, manejo sobre el recurso que contribuyen a mejorar la gestión del mismo.

Este diagnostico recoge el conocimiento y análisis efectuado a partir de la información básica de la red de referencia de estaciones hidrometeorológicas y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en Corpoguajira. Parte del soporte técnico del proceso de planificación y gestión del recurso que debe adelantar el departamento en los próximos años para evitar dificultades cada vez mayores de las disponibilidades del agua, en lo cual se requiere la participación activa de los organismos y autoridades ambientales así como de los entes territoriales y los diferentes sectores.

---

\* \*Monografía

\*\*Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental, Director Ing. Jaime Pinto Bermúdez

## INTRODUCCIÓN

La Ley 99 de 1993 por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, se crea el SINA (Sistema Nacional Ambiental), se establece que es competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento de los usos de estos recursos.

El Decreto 1594 del 26 de junio de 1984, establece el ordenamiento de los recursos en cuanto a: los usos existentes y las proyecciones por aumento de demanda, modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables, criterios de calidad y normas de vertimientos establecidos, la preservación de las características naturales del recurso y la conservación de los límites acordes con las necesidades del consumo. Con este decreto se reglamentan los decretos anteriores el 2811 de 1974, el 2857 de 1981, el 1875 de 1979 y el 1541 de 1978.

La aplicación de instrumentos económicos en las políticas ambientales, requieren de un proceso de implementación sólido para alcanzar los objetivos de calidad ambiental deseados por las comunidades al menor costo posible.

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira, como entidad encargada de la administración y protección de los recursos naturales y del medio ambiente, debe ser conocedora del estado actual en que se encuentran los recursos hídricos y los vertimientos que se generan.

La información que se encuentra en el presente estudio es el soporte técnico para redefinir las metas de preservación del recurso hídrico Tapias, además de establecer los parámetros de calidad según las necesidades de consumo y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es una sustancia esencial y abundante del planeta; el balance hídrico en la actualidad a nivel mundial es del 70,0% de la superficie terrestre, de ese porcentaje un 97,5% es salada y el restante es agua dulce, del 2,55% de agua dulce, casi el 70,0% se encuentra concentrada en los hielos polares y témpanos; un 29% está almacenada en las profundidades de la tierra y el 1,0% restante en los ríos, lagos, pantanos, suelo, embalses, la atmósfera y en organismos vivos; de lo anterior se puede decir que el mundo en que vivimos se encuentra cubierto en su gran mayoría por agua y sin embargo, debido a la contaminación que los seres humanos generan, el porcentaje apto para el consumo es cada día menor.

La oferta hídrica de escorrentía superficial per-cápita total de Colombia es de 59.000 m<sup>3</sup>/hab/año; sin embargo, la oferta per-cápita accesible anual, bajo condiciones naturales, es de 12.000 m<sup>3</sup>/hab./año (Ministerio del Medio Ambiente, 1996). Esta disponibilidad de agua presenta a Colombia como un país del planeta en donde el agua no debería ser un problema. Sin embargo, en los últimos años se ha notado un acelerado deterioro de las fuentes superficiales de agua. Este deterioro amenaza seriamente la disponibilidad del recurso hídrico a futuro y se ha manifestado en problemas de disponibilidad y calidad del agua así como en el deterioro de los ecosistemas asociados.

Los problemas mencionados no encuentran sus causas en disponibilidad natural del agua, como se señaló, el país tiene una abundancia privilegiada de este recurso. La mayoría de los problemas ambientales y sociales ligados al recurso tienen sustento en problemas de la gestión del mismo, de hecho, diversos factores indican que actualmente el país enfrenta una crisis en la gestión del recurso hídrico.

Algunos de los problemas están ligados a la gobernabilidad que se manifiestan en ausencia de políticas, un ente rector totalmente ausente, una institucionalidad dispersa que presenta nichos de poder por sectores, otros a un marco legal inapropiado con una ley marco de hace mas de 20 años y una dispersión de normas generadas de acuerdo a los problemas específicos y sectoriales que se fueron presentando a lo largo de las últimas décadas.

En el departamento de La Guajira, existen grandes problemas asociados a la calidad de las aguas de los cuerpos hídricos producto de la contaminación que se viene generando principalmente por las descargas de aguas residuales de los diferentes asentamientos humanos que conforman el Departamento, a esto se le suma el arrastre de material por aguas de escorrentía resultado de los procesos erosivos que el hombre viene generando cada día, la excesiva deforestación en la zona alta de la Sierra Nevada de Santa Marta, la impunidad en el incumplimiento de las normas de contaminación y de las limitaciones establecidas para las zonas de protección de las cuencas hidrográficas, entre otras.

El Río Tapias por abastecer con sus aguas a la población de Riohacha, ser utilizado para los canales de riego y bombeo para cultivos en la zona plana, se constituye en llave de desarrollo económico de Riohacha y por ende del departamento; a pesar de ser una de las cuencas hídricas más importantes con que se cuentan, sus aguas presentan una problemática en cuanto a calidad y cantidad. Mientras las soluciones llegan, las demandas se incrementan, la calidad se deteriora y la escasez que se empieza a evidenciar para unos suena a realidad, a otros a exageración y para otros es solo el resultado de una mala gestión. De cualquier forma no es necesario esperar la escasez del agua para experimentar los problemas que surgen cuando las comunidades sobrepasen esos límites hidrológicos, pues sobran ejemplos en el país donde ya se han superado esos

límites. Por lo tanto el conocimiento del recurso en términos de cantidad, calidad y disponibilidad resulta indispensable para el desarrollo, uso y sostenibilidad del mismo.

La presente investigación tiene como objeto estudiar las condiciones en que se encuentra actualmente el río Tapias buscando aportar elementos para mejorar el nivel de generación, acceso y divulgación de conocimientos sobre el recurso que contribuyen a mejorar la gestión del mismo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad actual en que se encuentra la cuenca hidrográfica del río Tapias, y su afectación por actividades antrópicas para soportar acciones y estrategias de protección, manejo y desarrollo del recurso pertinentes para la planificación y manejo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Determinar de manera cualitativa y cuantitativa el estado del recurso hídrico y su dinámica espacio temporal a partir de la medición de variables que satisfagan indicadores mínimos.
- ❖ Establecer los diferentes usos del agua por categorías atendiendo criterios estandarizados para la validación de este tipo de información.
- ❖ Proponer mediante la incorporación de indicadores apropiados, la efectividad en la aplicación de los instrumentos económicos para la descontaminación y recuperación del recurso hídrico.
- ❖ Contar con información estandarizada y homologada con relación al recurso hídrico en un sistema de acopio disponible para usuarios y tomadores de decisiones.

### **3. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1 CUERPO DE AGUA EN ESTUDIO**

##### **3.1.1 Generalidades**

La cuenca de río Tapias está ubicada en el sur oeste del departamento de La Guajira, en la parte central del municipio de Riohacha, a cuya jurisdicción corresponde. Forma parte de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta. Su forma en abanico, comprende una superficie aproximada de 862 Kms<sup>2</sup> que en su parte más amplia incluye estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, hasta una altura de 2.800m.s.n.m, en la cuchilla el Mico, punto donde nace el río Tapias.

El río Tapias tiene una longitud aproximada de 86Kms. En su recorrido desciende en sentido SW-NE; bordea el pie de monte y cambia el sentido NE-NW, en forma casi abrupta, debido al efecto de barrera que le interpone la falla de Oca, hacia la mitad de su recorrido, para luego atravesar la planicie costera en forma más o menos recta, hasta su desembocadura en la Boca de Enea. Drenan numerosos caños, arroyos, quebradas y ríos que conforman la red de drenaje de la cuenca. La pendiente del río Tapias es más pronunciada en sus primeros 20Kms. hasta descender a 250m.s.n.m, para cambiar luego a una pendiente muy suave (0.4%) en el resto de su curso.

Cerca a los 20Kms., de su nacimiento, el Río Tapias recibe el aporte del Río San Francisco que recorre unos 26Kms. en forma más o menos paralela al Río Tapias. Antes de atravesar la planicie costera, a unos 15Kms, de su desembocadura, el Río Tapias intercepta al río Corual cuyo curso viene en el sentido SW-NE y unos 6kms antes, recibe al arroyo El Salado. Estos tres cauces conforman las micro-

cuenca más extensas del sistema, también concurren al río Tapias las quebradas Avaincua, Senlúa y los ríos Carrizal y La Totumita.

Las cuencas aledañas corresponden a las de los ríos Jeréz, al Nor-Oeste y Camarones al Nor-Este, ambas involucradas al mismo sistema de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Los principales asentamientos humanos de la cuenca, están localizados en las riberas de los ríos Tapias, San Francisco, que corresponden a los caseríos de Tomarazón, Las Flores, Matitas, Moreneros, Juan y Medio, Las Casitas, Cascajalito, El Ebanal, Puerto Colombia, Comejenes, Puente Bomba y El Carmen.

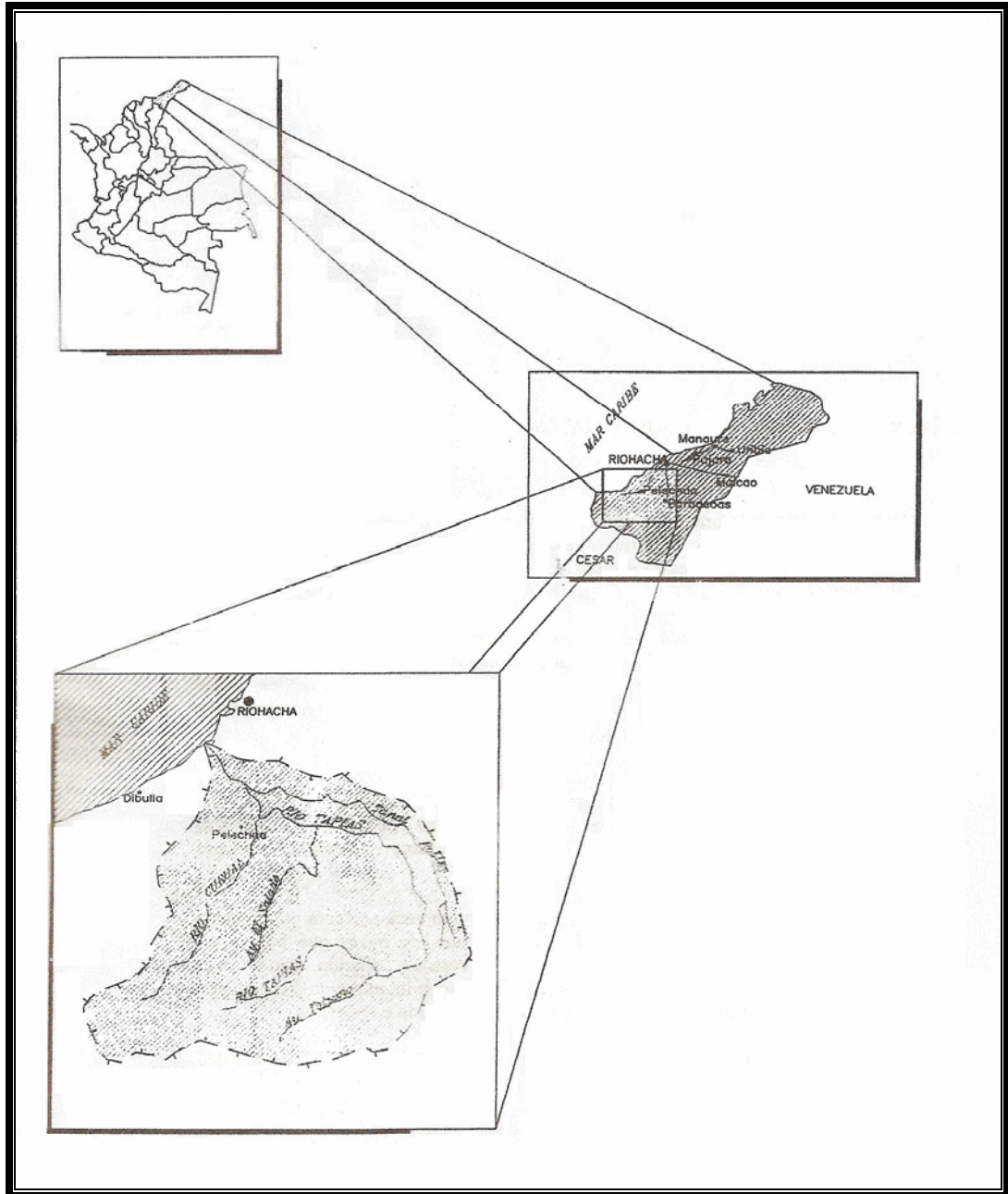
Los habitantes de estas poblaciones utilizan las aguas superficiales para consumo doméstico y sostenimiento de sus animales.

El uso más importante está destinado al acueducto de Riohacha, con un volumen estimado de 280 l/s. Cuando entre en servicio la segunda etapa del acueducto se incrementará a 600 l/seg. La bocatoma está localizada en cercanías de Tomarazón.

Además, el río Tapias alimenta al canal Robles que cruza cerca a la población de Matitas, cuyas aguas se destinan a la irrigación de zonas agrícolas y ganaderas ubicadas en la planicie nororiental de la cuenca, margen derecho del río Tapias.

### 3.1.2 Localización General

Figura N° 1 Localización general del Río Tapias



### **3.2 TOMA, TIPOS Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS**

La importancia del agua en la economía humana no cesa de crecer y el abastecimiento del agua dulce se hace así cada vez más difícil, tanto en razón del crecimiento de la población y de su nivel de vida como del desarrollo acelerado de las técnicas industriales modernas.

La contaminación permanente está ligada a los desechos industriales, a las aguas residuales de origen urbano, al empleo en la agricultura de plaguicidas y abonos químicos entre otros. Prácticamente cuanto más disminuye la calidad del agua más indispensable es la necesidad de proceder a frecuentes y extensos controles.

El análisis del agua anteriormente consistía en identificar los elementos y en determinar ciertas características de la contaminación orgánica; después debido al aumento de la contaminación, se determinaban los elementos tóxicos de origen mineral; el aumento de la utilización de compuestos orgánicos de síntesis vino a complicar el problema, por ello es necesario desarrollar métodos analíticos cada vez más sensibles y los límites de detección día tras día deben ser menores (RODIER, 1998). A continuación se presentan algunas consideraciones sobre muestreo y preservación de muestras.

#### **3.2.1 Toma de Muestra**

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material líquido cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio, sin que por ello deje de representar con exactitud a la fuente hídrica de donde procede.

La obtención de una muestra que cumpla los requisitos del programa de toma y manipulación implica que aquella no debe deteriorarse o contaminarse antes de llegar al laboratorio.

Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua que se va a caracterizar, de acuerdo con los análisis que deban realizarse, hay que llenar los envases por completo o dejar un espacio vacío para aireación.

A veces hay que tratar cada muestra de forma individual según las sustancias a analizar, la cantidad y naturaleza de la turbidez existente y otras condiciones que puedan influir en los resultados.

Se debe hacer un registro de todas las muestras recogidas e identificar cada envase, pegando una etiqueta debidamente señalada. Los puntos de recogida se deben fijar mediante una descripción detallada, con mapas o con la utilización de vallas que permitan la identificación por otras personas sin que éstas tengan que recurrir a la memoria de quien realizó la toma o tengan que ser guiadas al lugar.

Cuando se analizan muestras recogidas en un río o arroyo, los resultados pueden variar según la profundidad, la velocidad de la corriente, la distancia de la orilla y la separación entre ambas orillas. Si se dispone de un equipo adecuado, se hará una toma integral desde la superficie al fondo o sea en la zona media de la corriente o de un lado a otro a una profundidad media, de forma que la muestra esté integrada en relación con el flujo, si solo se puede hacer una tomo pequeña, se hará en el centro de la corriente a una profundidad media.

### **3.2.2 Tipos de Muestras**

*Muestras de sondeo o puntuales:* Es la recogida en un lugar y en un momento determinado, solo se puede representar la concentración de la fuente en ese momento y en ese lugar.

*Muestras compuestas:* Se refiere a una mezcla de muestras puntuales recogidas en el mismo punto en distintos momentos, son las más utilizadas para determinar las concentraciones medias que se han de utilizar, por ejemplo para calcular la carga o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales.

*Muestras integrales:* Son mezclas de muestras puntuales, recogidas en distintos puntos al mismo tiempo o con la menor separación temporal que sea posible. Un ejemplo son los ríos o corrientes cuya composición varía según la anchura y la profundidad.

### **3.2.3 Cadena de Custodia**

Se considera que una muestra está bajo vigilancia personal si se encuentra en posesión física de una persona, que es la encargada de custodiarla y de protegerla de posibles alteraciones, o si se encuentra en una zona de acceso limitado al personal encargado de la toma de la muestra. Los siguientes aspectos resumen la cadena de vigilancia de una muestra.

*Etiquetado de la muestra:* Se utilizan etiquetas adhesivas para evitar falsas identificaciones de la muestra, en ella debe al menos constar información como el número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, fecha, parámetro a analizar, momento de la toma y lugar de la misma. Hay que adherir las etiquetas antes o en el momento de hacer la toma. La tinta que se utiliza debe ser indeleble.

*Sellado de la muestra:* Se utilizan sellos de papel adhesivos los que contienen la siguiente información: número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, la fecha y hora de la misma. El sello se debe colocar de forma tal que sea necesario romperlo para abrir el envase.

*Libro registro de campo:* En este se debe tomar la siguiente información la cual es útil a la hora de presentar resultados por parte del laboratorio que realiza la caracterización; objeto de la toma, localización del punto donde se ha hecho, nombre y dirección del contacto de campo y tipo de material que se ha hecho la toma. Si la muestra procede de aguas residuales, hay que identificar la fuente que las produce. También es necesario hacer constar la posible composición de la muestra, incluyendo sus concentraciones, el número y volumen de las muestras tomadas, la descripción del punto donde se ha hecho la toma, el número de identificación del que ha hecho la toma, referencia del lugar en forma de mapas o fotografías, observaciones y mediciones de campo y firma del personal responsable de las observaciones.

*Registro de la cadena de vigilancia:* Este registro debe constar de la siguiente información: número de la muestra, firma del que ha hecho la toma, fecha, momento y lugar de la toma, tipo de muestra, firma de las personas que han participado en la cadena de custodia y fechas de los distintos controles.

*Hojas de petición de análisis de la muestra:* la muestra irá al laboratorio acompañada por una hoja de petición de análisis. La persona que hace la toma deberá completar el apartado del impreso referido al trabajo de campo, en el que se incluye gran parte de la información pertinente anotada en el libro de registro.

*Envío de la muestra al laboratorio:* la muestra se enviará al laboratorio la antes posible e irá acompañada del registro de la cadena de vigilancia y de la hoja de petición de análisis. La muestra se entregará a la persona que deba encargarse de su respectiva custodia.

*Recepción y almacenamiento de la muestra:* En el laboratorio, la persona encargada de recibir las muestras, inspecciona su estado y su sello comparándolas con la del registro de la cadena de vigilancia, le asigna el número del laboratorio, la registra en el libro de entrada al laboratorio y se guarda en la nevera hasta que sea asignada a un analista.

*Requerimientos especiales para toma o manipulación de muestras:* Se realizó con base a lo establecido en el Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WPCF. 17<sup>a</sup> ed.

### **3.3 PARAMETROS DE ANALISIS**

#### **3.3.1 pH**

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar las concentraciones de los iones hidrógenos o, más exactamente, la actividad del ión hidrogeno. En el área de los abastecimientos de agua, es un factor que se debe tener en consideración en la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento del agua y el control de la corrosión. En el tratamiento de aguas residuales, mediante procesos biológicos el pH se debe mantener en un margen favorable para los organismos específicos que intervienen. Los procesos químicos usados para coagular el agua residuales de secar los lodos u oxidar ciertas sustancias como el ión cianuro requiere que el pH

se mantenga dentro de límites muy estrechos por estas razones y por las relaciones fundamentales que existen entre el pH, la acidez y la alcalinidad es muy importante para entender los aspectos teóricos y prácticos del pH.

El pH de las aguas se debe a la naturaleza de los terrenos y varía habitualmente entre 7,2 y 7,6. Sin embargo las aguas muy calcáreas tienen un pH muy elevado, al contrario de las aguas que provienen de terrenos pobres en calizas o silicatos que tienen un pH próximo a 7 y algunas veces un poco inferior, aproximadamente seis (RODIER, 1998)

### **3.3.2 Oxígeno Disuelto**

Todos los organismos vivientes dependen de una forma u otra del oxígeno para mantener los procesos metabólicos que producen la energía para el crecimiento y la reproducción. Los procesos aeróbicos son objeto de gran interés debido a su necesidad de oxígeno libre. A los humanos les afecta vitalmente el contenido del oxígeno del aire que respiran, puesto que saben por experiencia que una considerable reducción produce malestar y quizás muerte. Por esta razón, el número de ocupantes de un recinto se debe restringir estrictamente a la posibilidad en que pueda ser ventilada.

Todos los gases de la atmósfera son en alguna medida, solubles en el agua. El nitrógeno y oxígeno están catalogados como escasamente solubles y, puesto que no reaccionan químicamente con el agua, su solubilidad es directamente proporcional a sus presiones parciales. Por tanto para calcular las cantidades presentes en condiciones de saturación a una temperatura dada, se puede aplicar la ley de Henry.

La solubilidad del nitrógeno y el oxígeno varía mucho cuando la temperatura es mayor, la solubilidad es menor en las aguas salinas. Se debe observar que en el agua se disuelve más nitrógeno que oxígeno, en las condiciones de presión parcial que existen en la atmósfera. En condiciones de saturación, los gases disueltos contienen cerca del 38% de oxígeno en términos de molaridad, o aproximadamente el doble de oxígeno que en la atmósfera normal.

La solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua dulce varía desde 14.6 mg/l a 0°C hasta aproximadamente 7 mg/l a 35°C, a 1 atm de presión. Puesto que en un gas poco soluble, su solubilidad varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura. Esta es una consideración importante a grandes altitudes. Debido a que la velocidad de oxidación biológica aumenta con la temperatura y que la demanda de oxígeno aumenta simultáneamente, es muy importante las condiciones de altas temperaturas, en las que el oxígeno es menos soluble. En la práctica las condiciones críticas relacionadas con deficiencia del oxígeno disuelto ocurren con mayor frecuencia en los meses de sequía cuando la temperatura es alta la solubilidad del oxígeno es mínima. Por esta razón, se considera que el nivel máximo de oxígeno disuelto o disponible en condiciones críticas es aproximadamente 8 mg/l.

El factor más importante que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales es la baja solubilidad del oxígeno y es necesario el tratamiento de los desechos para remover la materia contaminante antes de que ocurra el drenaje de éstas aguas a las corrientes receptoras. En los procesos de tratamiento biológico aeróbico, la solubilidad limitada del oxígeno tiene gran importancia porque determina la velocidad de la absorción del oxígeno por el medio circundante y, por tanto el costo de la aireación.

### **3.3.3 Temperatura**

Las temperaturas elevadas resultan de las descargas de agua caliente, como las de refrigeración industrial y de algunos procesos térmicos, que pueden tener un impacto ecológico significativo. La temperatura es un factor en la proliferación de ciertas algas.

Al cambio de temperatura de un cuerpo de agua afecta directamente la solubilidad de los sales y por lo tanto la conductividad eléctrica, el pH entre otros parámetros; una temperatura superior a los 15°C favorece el desarrollo de los microorganismos en las canalizaciones y también intensifica los olores y sabores en el agua. Las temperaturas elevadas pueden resultar nocivas para los peces, favorece la mortalidad de ciertas especies y el desarrollo de muchas otras. (RODIER, 1998)

### **3.3.4 Conductividad**

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. La medición física practicada en una determinación de laboratorio suele ser de resistencia, medida en ohmios o megaohmios. Las mediciones de conductividad en laboratorios se utilizan para:

Establecer el grado de mineralización, para determinar el efecto de la concentración total de iones sobre equilibrios químicos, efectos fisiológicos en plantas y animales, tasas de corrosión, etc.

Determinar el grado de mineralización del agua destilada y desionizada. Evaluar las variaciones de concentraciones de minerales disueltos en aguas naturales y residuales.

Valorar el tamaño de la muestra que se vaya a utilizar para determinaciones químicas comunes y para investigar los resultados de un análisis químico. Determinar la cantidad de reactivo iónico necesario en algunas reacciones de precipitación y neutralización. Calcular los sólidos totales disueltos en una muestra multiplicando la conductividad por un factor empírico.

### **3.3.5 Nitratos**

El nitrato generalmente aparece solo como trazas en aguas superficiales, pero puede estar a niveles altos en aguas subterráneas. En cantidades excesivas, contribuye a la enfermedad infantil denominada metahemoglobinemia; para prevenir tal desorden se ha impuesto un límite máximo de 10 mg N-NO<sub>3</sub> /L en aguas potables. Los nitratos se encuentran solo en pequeñas cantidades en aguas domésticas frescas de desecho, pero en efluentes de plantas de tratamientos biológico nitrificante, se pueden encontrar en concentraciones de más de 30 mg N-NO<sub>3</sub> /L.

### **3.3.6 Nitritos**

El nitrito es un estado de la oxidación intermedio del nitrógeno que aparece tanto en la oxidación del amoníaco a nitrato como en la reducción de este último. Tales oxidaciones y reducciones pueden ocurrir en las plantas de tratamiento de aguas de desecho, sistemas de distribución de aguas y en aguas naturales.

El nitrito puede entrar a un sistema de suministro de agua cuando se usa como inhibidor de corrosión en aguas industriales. El ácido nitroso, el cual forma en la solución ácida de nitrito, puede reaccionar como aminas secundarias (RR'NH) para formar nitrosaminas (RR'NH-NO), las cuales se sabe que son carcinógenas.

El significado toxicológico de las reacciones de nitrosación en ambientes naturales en invitro es actualmente un tema de mucha preocupación e investigación.

### **3.3.7 Amonio**

El amonio esta presente en forma natural en aguas superficiales y de desecho. Su concentración es generalmente baja en aguas subterráneas. El amonio es producido principalmente por desaminación de compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. En algunas plantas de tratamiento de agua se añade amoniaco para que reaccione con cloro formando cloro residual combinado.

Las concentraciones de amonio en agua varían desde menos de  $10\mu\text{g N-NH}_3/\text{L}$  en algunas aguas naturales superficiales y subterráneas hasta más de  $30\text{mg N-NH}_3 /\text{L}$  en algunas aguas de desecho.

### **3.3.8 Turbiedad**

El termino turbio se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere con el paso de la luz a través del agua, o a aquellas en las aguas en las que esta restringida la visión de la profundidad. La turbiedad puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, de tamaño variable entre las dispersiones coloidales y las gruesas, dependiendo del grado de turbulencia. En los lagos o en otras aguas en condiciones de relativa quietud, la mayor parte de la turbiedad se debe a las dispersiones coloidales y a las extremadamente finas. En ríos en condiciones de desbordamiento, la turbiedad se debe a dispersiones relativamente gruesas.

A medida que los ríos descienden de las áreas montañosas hacia las planicies, reciben turbiedad de la agricultura y de otras operaciones que alteran el suelo. En condiciones de desbordamiento, gran parte de la capa superior del suelo es arrastrada por el agua hacia las corrientes que las reciben. Una gran cantidad de este material es de naturaleza inorgánica, como arcilla y barro, pero también contiene una parte considerable de materia orgánica. A medida que los ríos progresan hacia el océano pasan por áreas urbanas, donde se les suman residuos domésticos e industriales, tratados o sin tratar; estos pueden contribuir a la turbiedad con grandes cantidades de sustancias orgánicas e inorgánicas. El material lavado de las calles también aporta alguna turbiedad orgánica e inorgánica.

Las sustancias orgánicas que llegan a los ríos sirven de alimento a las bacterias y el crecimiento bacteriano que resulta, además de otros microorganismos que alimentan las bacterias, producen turbiedad adicional. Los nutrientes inorgánicos como el nitrógeno y el fósforo presentes en las descargas de agua residuales y en el drenaje de los residuos agrícolas, estimulan el crecimiento de las algas, que también contribuyen a la turbiedad.

A partir de estas consideraciones, se puede decir con seguridad que los materiales que causan la turbiedad pueden estar constituidos desde sustancias puramente inorgánicas hasta los de carácter completamente orgánico. La disparidad de la naturaleza de los materiales que causan turbiedad hace imposible establecer reglas rígidas y rápidas para su remoción.

La turbiedad es una consideración esencial en el agua, por tres razones importantes:

*Estéticas:* Los consumidores de agua de los abastecimientos públicos esperan y tienen derecho a exigir agua libre de turbiedad. La gente común es consciente de que las aguas residuales son altamente turbias. Cualquier turbiedad en el agua potable esta automáticamente relacionada con la posible contaminación por aguas residuales y con los peligros para la salud asociados con ella. Este temor tiene un sólido fundamento histórico, puesto que cualquiera que este familiarizado con el tema sabe que las epidemias propagadas por el agua se deben a la contaminación anterior en la industria de empresas que procesan el agua.

*Filtrabilidad:* La filtración del agua se hace más difícil y costosa cuando la turbiedad aumenta. El uso de los filtros lentos de arena se ha vuelto poco práctico en la mayoría de las áreas debido a que la alta turbiedad disminuye el flujo del filtro y aumenta los costos de limpieza. El funcionamiento satisfactorio de los filtros rápidos de la arena generalmente depende de la remoción efectiva de la turbiedad, producida por coagulación química antes de que el agua entre a los filtros. La omisión de este paso puede resultar en carreras cortas del filtro y producción de un agua de inferior calidad, a menos que se usen filtros con construcción y operación especiales.

*Desinfección:* La desinfección de los abastecimientos públicos de agua usualmente se lleva a cabo mediante cloro, ozono y dióxido de cloro. Para que la desinfección sea efectiva, debe haber contacto entre el agente desinfectante y los organismos que se tienen que destruir.

En las aguas turbias, la mayoría de los organismos nocivos están expuestos a la acción del desinfectante. Sin embargo, en los casos en que la turbiedad es causada por los sólidos de las aguas residuales municipales, muchos de los organismos patógenos pueden estar encapsulados en partículas y protegidos contra el desinfectante.

### 3.3.9 Alcalinidad

La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos, también se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos. La alcalinidad de las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débil, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir. Los bicarbonatos son los compuestos que mas contribuyen a la alcalinidad, puesto que se forman en cantidades considerables por la acción del dióxido de carbono sobre materia básica del suelo, otras sales de ácidos débiles, tales como boratos, silicatos u fosfatos pueden estar presentes en pequeñas cantidades. Unos pocos ácidos orgánicos que son bastantes resistentes a la oxidación biológica por ejemplo el ácido humito forman sales que adicionan alcalinidad a las aguas naturales. En aguas anaeróbicas o contaminadas se pueden producir sales de ácido débiles como el ácido acético, propionico y sulfuros de hidrogeno, que podrían contribuir a la alcalinidad. En otros casos el amoniaco o los hidróxidos pueden colaborar en la alcalinidad total del agua.

En ciertas condiciones las aguas naturales pueden ser alcalinas debido a cantidades apreciables de hidróxido y carbonatos. Esto sucede particularmente en aguas superficiales con algas en crecimiento. Las algas toman el dióxido de carbono que se encuentra en forma libre y combinada de tal forma que la alcalinidad alcanza un pH entre 9 y 10.

Aunque muchos compuestos pueden contribuir a la alcalinidad del agua natural, la mayor parte es causada por tres grandes grupos que pueden ser clasificados de acuerdo con sus altos valores de pH, como hidróxido, carbonato y bicarbonato. Para la mayoría de los fines prácticos, la alcalinidad de las aguas naturales debida a otros materiales es mínima y en realidad no es significativa.

La alcalinidad del agua se debe principalmente a sales de ácidos débiles y a bases fuertes, y esas sustancias actúan como amortiguadores para resistir la caída del pH resultante de la adición de ácida. La alcalinidad es, por lo tanto, una medida de la capacidad de amortiguación y en este sentido se utiliza como mucho en la práctica del tratamiento de aguas residuales.

Como se sabe, la alcalinidad tiene poca importancia en la salud pública. Las aguas muy alcalinas usualmente tienen sabor desagradable y el consumidor tiende a buscar otras fuentes. Las aguas químicamente tratadas algunas veces tienen pH alto, el cual ha sido objetado por parte por parte de los consumidores. Por estas razones se han establecido patrones generalizados para las aguas químicamente tratadas; tales patrones, relacionados con la fenolftaleína y la alcalinidad total y exceso, son demasiado detallados para ser resumidos aquí.

### **3.3.10 Dureza**

Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y demás, producen costras en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las que se aumenta materialmente la temperatura del agua. Para unos la propiedad de aumentar el consumo de jabón tiene gran importancia por el aspecto económico y por la dificultad para obtener condiciones optimas de limpieza; para otros el problema de las costras es uno de los mayores desafíos.

El advenimiento de los detergentes sintéticos a disminuido muchas de las desventajas de las aguas duras para el uso domestico. Sin embargo, se prefiere el jabón para algunas formas de lavado de ropa y para la higiene personal y para estos fines el agua dura continúa siendo tan objetada como siempre. El problema de la costra continua teniendo importancia a pesar de los avances en los

conocimientos sobre la química del agua y la producción de muchas maquinas patentadas que aducen prevenir la formación de costras mediante la aplicación de principios no completamente explicados.

Aunque hoy en día ha disminuido la demanda del público por la remoción de la dureza debido a los procesos del ablandamiento del agua, la necesidad todavía en grande. La tendencia es preferir las instalaciones privadas e industriales para el ablandamiento de aguas en lugar de las plantas municipales, excepto cuando la dureza es excesivamente alta.

Las aguas comúnmente se clasifican en términos del grado de dureza, en la siguiente forma:

mg/L	GRADO DE DUREZA
0-75	Blandas
75-150	Moderadamente Duras
151-300	Duras
300 y Más	Muy Duras

Cuadro N° 1 Clasificación en grados de la dureza

La dureza es causada por cationes metálicos polivalentes. Estos iones pueden reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar costras. Los principales cationes causantes de dureza son los iones divalentes de calcio, magnesio, estroncio, hierro ferroso e Ion manganeso. Estos cationes, sumados a los aniones más importantes a los que asocian, en orden de su abundancia relativa en las aguas naturales. Se cree que algunas veces los iones de aluminio contribuyen a la dureza del agua; sin

embargo, su solubilidad es tan limitada a los niveles de pH de las aguas naturales que las concentraciones iónicas son insignificantes.

La dureza del agua se deriva en gran medida de su contacto con el suelo y las formaciones rocosas. El agua lluvia al caer sobre la tierra no es suficiente para disolver las excesivas cantidades de sólidos que existen en muchas aguas naturales. La capacidad disolvente se obtiene del suelo, queda muy cargada de dióxido de carbono, el cual, desde luego, esta en equilibrio con el ácido carbónico. Las condiciones de bajo pH inducidas por el dióxido de carbono disuelven los materiales básicos, especialmente las formaciones de piedra caliza. Puesto que la piedra caliza no es carbonato puro sino que contiene impurezas como sulfatos, cloruros y silicatos, estos materiales quedan expuestos a la acción solvente del agua a medida que los carbonatos se disuelven y también pasan a la solución. En general, las aguas duras se originan en áreas donde la capa superior del suelo es gruesa y contiene formaciones de piedra caliza. Las aguas blandas se origina donde la capa superior del suelo es delgada y las formaciones de piedra caliza están dispersas o ausentes.

### **3.3.11 Cloruros**

Los cloruros existen en todas las aguas naturales a concentraciones muy variadas, normalmente, el contenido de cloruro aumenta a medida que aumenta el contenido de los minerales. Por lo general, las fuentes de las tierras altas y de las montañas tienen bajo contenido de cloruros, mientras que los ríos y las aguas subterráneas tienen cantidades considerables. Los niveles de cloruro de las aguas de los mares y los océanos son muy altos porque contienen los residuos resultantes de la evaporación parcial de las aguas naturales que fluyen hacia ellos.

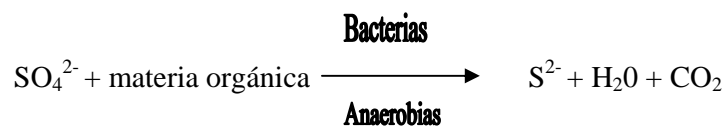
Los cloruros tienen muchas formas de acceso a las aguas naturales. El poder solvente del agua disuelve los cloruros de la capa superficial del suelo y de las formaciones más profundas. El agua atomizada del océano es transportada tierra adentro en forma de gotas muy pequeñas o de cristales diminutos, que quedan después de la evaporación de las gotas de agua. Estas fuentes reponen constantemente los cloruros de las tierras donde caen. Las aguas de los mares y los océanos invaden los ríos que desembocan en ellos, especialmente los ríos de mayor profundidad. El agua salada, por ser más densa, fluye río arriba por debajo del agua dulce, que fluye río abajo. Existe una constante mezcla del agua salada con el agua dulce de la superficie.

Los cloruros a concentraciones moderadas no ofrecen peligros para los humanos, las concentraciones de 250 mg/l dan un sabor salado al agua que es rechazado por muchas personas por esta razón los cloruros se limitan a 250 mg/l en los abastecimientos destinados para uso público. En muchas áreas del mundo donde son escasos los abastecimientos de agua para el uso doméstico se utilizan fuentes de agua que contienen hasta 2000 mg/l sin que produzcan efectos adversos, una vez que los sistemas humanos se han adaptado al agua.

### **3.3.12 Sulfatos**

El ión sulfato es uno de los aniones más abundantes en las aguas naturales, es importante en los abastecimientos públicos de agua debido a sus efectos catárticos en los humanos cuando está presente en cantidades excesivas. Por esta razón, en las aguas destinadas para el consumo humano el límite máximo recomendado es 250 mg/l. Los sulfatos son importantes en los abastecimientos de aguas públicas e industriales, debido a la tendencia de las aguas que los contienen en apreciables cantidades a formar costras duras en calderas e intercambiadores de calor.

Los sulfatos tienen gran importancia por que son directamente responsables de dos problemas serios usualmente asociados con la manipulación y el tratamiento de las aguas residuales, estos son el olor y la corrosión de las alcantarillas, que resultan de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaeróbicas, como se indica en las siguientes ecuaciones:



En ausencia de oxígeno disuelto y de nitrato, los sulfatos sirven como fuente de oxígeno (aceptantes de electrones) para las oxidaciones bioquímicas producidas por las bacterias anaeróbicas. En condiciones anaeróbicas, el ión sulfato se reduce a ión sulfuro, que establece el equilibrio con el ión hidrógeno para formar sulfuro de hidrógeno.

### 3.3.13 Hierro

El hierro crea serios problemas en los abastecimientos públicos de agua. Algunas experiencias indican que los cambios bioquímicos, o más exactamente los cambios en las condiciones ambientales provocados por reacciones biológicas, son consideradas importantes. Puesto que este elemento está presente en grandes cantidades en forma insoluble en casi todos los suelos, cualquier explicación acerca de la manera en la que cantidades apreciables pueden penetrar el agua que fluye hacia el suelo o entra en contacto con él debe considerar cómo el hierro se transforma a formas solubles.

El hierro existe en suelos y minerales principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro (pirita). En algunas áreas también se presenta como carbonato

ferroso (siderita), que es muy ligeramente soluble. Puesto que las aguas subterráneas por lo general contienen grandes cantidades de dióxido de carbono, el carbonato ferroso se puede disolver en abundantes cantidades como lo indica la reacción que se presenta en la ecuación:



Por otra parte, hasta donde se sabe los humanos no son afectados por beber aguas con hierro. Esta agua, cuando son expuestas al aire de modo que el oxígeno entre, aparece turbias y estéticamente inaceptables debido a la oxidación del hierro al estado de fe (III), que forman precipitados coloidales.

Sin embargo, el hierro puede formar complejos estables con sustancias húmicas en el agua, que pueden ser aún más resistentes a la oxidación que las especies inorgánicas solas.

### **3.3.14 Sólidos**

La expresión “sólidos en agua” se refiere a la cantidad de materia suspendida o disuelta en esta. El contenido de sólidos en el agua puede afectar su calidad, modificando aspectos tales como el sabor, color, olor, dureza, turbiedad, etc.

Se definen como sólidos totales los residuos sólidos obtenidos por evaporación directa de la muestra de agua y su posterior secado a una temperatura determinada.

En la determinación del contenido de sólidos totales en aguas existen ciertos factores tales como el muestreo, fraccionamiento de la muestra, pipeteo, temperatura de almacenamiento de las muestras, temperatura de secado, homogenización de la muestra que puede producir variación en los resultados de los análisis.

#### 3.3.14.1 Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos son aquellos que pasan a través de un filtro de tamaño de poro de  $2.0\mu\text{m}$ , bajo condiciones específicas. Las aguas con sólidos disueltos altos generalmente son de inferior sabor (bouquet) y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en un consumidor transitorio. Por estas razones un límite máximo de 500 miligramos de sólidos disueltos por litro es conveniente para aguas de consumo humano.

En la determinación del contenido de sólidos disueltos en aguas existentes ciertos factores tales como muestreo, fraccionamiento de la muestra, temperatura de almacenamiento de las muestras, temperatura de secado, homogenización de la muestra que puede producir variación en los resultados de los análisis.

#### 3.3.14.2 Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a  $103\text{-}105^{\circ}\text{C}$  peso constante.

### **3.3.15 Demanda bioquímica de oxígeno $\text{DBO}_5$**

La demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) se define usualmente como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbicas. Al decir “susceptibles de descomposición”, se hace referencia a que la materia orgánica puede servir de alimento a las bacterias y que su oxidación genera energía.

La prueba de la  $DBO_5$  se utiliza mucho para determinar el poder contaminante de los residuos domésticos e industriales, en términos de cantidad de oxígeno que requiere si son descargados a las corrientes naturales de agua en las que existen condiciones aeróbicas. Esta prueba es una de las más importantes en las operaciones de control de la contaminación de las corrientes. También tiene gran importancia para establecer los criterios de regulación, y para realizar estudios que evalúen la capacidad de purificación de cuerpos de aguas receptores.

La prueba de la DBO es esencialmente un procedimiento de bioensayo que mide el oxígeno consumido por los organismos vivos (especialmente las bacterias) al utilizar la materia orgánica de un residuo en condiciones lo más semejante posible a las de la naturaleza. Para hacer que la prueba sea cuantitativa, las muestras se deben proteger del aire evitando la reaeración a medida que el nivel de oxígeno disuelto disminuye. Además, debido a la limitada solubilidad de oxígeno en el agua aproximadamente 9 mg/l a 20°C, los residuos concentrados se deben diluir a niveles de demanda que mantengan este valor para asegurar que el oxígeno disuelto estará presente durante la realización de la prueba. Puesto que éste procedimiento de bioensayo, es de suma importancia que las condiciones ambientales sean apropiadas para que la actividad de los organismos vivos permanezcan sin obstáculos. Esto significa que no debe haber sustancias tóxicas, y que debe haber disponibilidad de los nutrientes accesorios necesarios para el crecimiento bacteriano, como nitrógeno fósforo y algunos oligoelementos. La degradación biológica de la materia orgánica en condiciones naturales es producida por un grupo diverso de organismos que llevan la oxidación hasta el final, o sea casi completamente hasta  $CO_2$  y agua. Por tanto es importante que en la prueba haya un grupo variadote organismos, comúnmente llamado “semillas”.

La prueba de la DBO se puede considerar como un procedimiento de oxidación húmeda en que los organismos vivos son el medio para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua.

### **3.3.16 Fosfatos**

El fosfato se encuentra en las aguas naturales y en las aguas de desecho casi únicamente como fosfatos, estos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y otros polifosfatos) y fosfatos unidos orgánicamente. Se encuentran en solución, en las partículas o detritos, o en los cuerpos de los organismos acuáticos. El análisis de fósforo incluye dos etapas del procedimiento general, una es la conversión de la forma de fósforo que interesa a ortofosfato soluble y la otra es la determinación calorimétrica del ortofosfato total disuelto.

### **3.3.17 Coliformes**

Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por esto se utiliza a los coliformes como organismos indicadores de contaminación, en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedades.

El hombre arroja diariamente en sus excrementos de coliformes, por tanto su presencia puede detectarse con facilidad y utilizarse como norma de control sanitario, con excepción de algunas cepas de coliformes fecales que causan la diarrea, los coliformes no son patógenos para el hombre, sin embargo los coliformes pueden aceptar y transferir genes resistentes a las drogas, por lo cual hacen necesaria su eliminación.

### **3.4 CONSIDERACIONES LEGALES**

Para la destinación de los recursos hídricos se deben tener en cuenta unos criterios de calidad en los que se establecen las máximas concentraciones expresadas generalmente en miligramos o miligramos por litro, para parámetros fisicoquímicos que no interfiera con el uso de las aguas.

El cálculo para conocer las concentraciones máximas debe ser el resultado de la investigación científica, y por lo tanto no depender de decisiones de tipo administrativo o económico; las aguas con concentraciones excesivas de contaminantes ocasiona riesgos para la salud humana y el ambiente y solo un estudio técnico puede establecer, con una aceptable aproximación, los niveles permisibles.

#### **3.4.1 Decreto 1594 de junio 26 de 1984**

Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

En el presente decreto se establecen criterios de calidad que sirven como guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso. El capítulo IV de los criterios de calidad para destinación del recurso:

*ARTICULO 37.* Los valores asignados a las referencias indicadas en el presente capítulo se entenderán expresados en miligramos por litro, mg/l, excepto cuando se indiquen otras unidades.

**ARTICULO 38.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

<b>Referencia</b>	<b>Expresado</b>	<b>Valor</b>
Amoníaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	CN <sup>-</sup>	0.2
Cinc	Zn	15.0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Und Pt- Co	75
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	0.05
Difenil policlorados	mg/l	No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
pH	Unidades	5- 9
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.05
Selenio	Se	0.01
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	400
Tensoactivos	Azul metil	0.5
Coliformes Totales	NMP	20 microrga/100
Coliformes Fecales	NMP	2.0 microrga/100

Cuadro N° 2 Criterio de calidad del agua

**PARÁGRAFO 1.** La condición de valor “no detectable” se entenderá que es la establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

**PARÁGRAFO 2.** No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.

## **4. METODOLOGÍA**

En el presente proyecto se logró evaluar la calidad de la cuenca del Río Tapias, que permitieron soportar acciones y estrategias de protección, manejo y desarrollo del recurso hídrico; de acuerdo con el planteamiento del problema y los objetivos, se definen a continuación los alcances, instrumentos, procedimientos, estimaciones, operación de la red de información y la publicación de los resultados; la cual se presenta en las siguientes etapas:

### **4.1 ETAPA I PREDIAGNOSTICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:**

Este se llevó a cabo con la información existente del río Tapias, la cual fue buscada en las entidades pertinentes tales como Ingeominas, Gobernación de La Guajira, Contraloría, Corpoguajira, Prosierra, entre otras.

Se recopilaron y analizaron los informes hidroclimatológicos tales como precipitación, temperatura, brillo solar, lluvias mensuales de frecuencia definida, concentración trimestral de la precipitación, calculo de la evapotranspiración potencial y real, así como los diferentes estudios de entidades particulares que ha desarrollado estudios en la zona con otros fines específicos; todo esto permitió seleccionar aquellas que reflejaron mejor las características de la zona.

Una vez revisada la documentación existente se efectuaron diferentes visitas de reconocimiento de la zona para evaluar los aspectos tales como clima, fauna, flora, condiciones de vida entre otros, y poder validar así los aspectos pre-diagnosticados.

## **4.2 ETAPA II EVALUACIÓN O DIAGNOSTICO**

La información existente fue complementada a través de estudios fisicoquímicos, microbiológicos, caudales mensuales, usos de las aguas que permitieron conocer la calidad de las aguas del río Tapias.

### **4.2.1 Recolección, transporte y preservación de las muestras**

Para el desarrollo de los muestreos se tomaron en cuenta las técnicas de recolección, transporte y preservación, establecidos por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM: por la importancia que esta tiene al permitir verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que se obtienen en los análisis y demostrar así el cumplimiento del decreto 1594 de 1984

### **4.2.2 Muestreos**

Las muestras son parte representativa del cuerpo de agua al cual se le analizaron las variables fisicoquímicas y microbiológicas de interés; para lo cual se utilizaron muestras simples, porque representan la composición del cuerpo de agua de origen según espacio, tiempo y otras circunstancias particulares en el cual se realiza la captación, cabe anotar que las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente de agua a analizar son relativamente constantes en tiempos prolongados a lo largo de distancias considerables en diferentes direcciones, por las pocas descargas de contaminantes que se realizan en las fuentes hídricas. Con base en la información anterior los muestreos realizados al río Tapias durante el período comprendido entre Mayo del 2003 y Septiembre del 2005, tienen una periodicidad trimestral para los dos últimos años y anual para el primero.

Una vez captado los volúmenes de agua para los análisis fisicoquímico (1L) y microbiológico (500mL) debidamente rotulados y esterilizados; estas fueron transferidas al laboratorio para las respectivas determinaciones, durante el transporte las muestras son refrigeradas y en ocasiones preservadas para que las muestras conserven las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el agua de origen y no ocurran cambios significativos en las concentraciones previas al análisis.

Fechas de los muestreos:

*M1*: Realizado en Mayo 7 del 2003

*M5*: Realizado en Mayo 5 del 2005

*M2*: Realizado en Marzo 6 del 2004

*M6*: Realizado en Junio 15 del 2005

*M3*: Realizado en Agosto 19 del 2004

*M7*: Realizado en Sep 21 del 2005

*M4*: Realizado en Nov 4 del 2004

#### **4.2.3 Estaciones**

Las estaciones de muestreo se ubicaron a lo largo del trayecto principal del río, en lugares que permitieron correlacionar los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas con la geoquímica de la cuenca y los diferentes vertimientos urbanos a que está sometido el río Tapias.

*EIT*: Aguas arriba del río Tapias en la Bocatoma del acueducto de Riohacha, está bordeado por los caseríos de Tomarazón, Las flores, Matitas, Moreneros, Juan y Medio, Las casitas, Cascajalito, El ebanal, Puerto Colombia, Comejenes, Puente Bomba y el Carmen en la estación se descargan las aguas negras de los caseríos anteriores, son turbias asociadas a la presencia del material del arrastre.

*E2T*: Aguas abajo del río Tapias en el paso Anaime, corriente que desciende de zonas poco pobladas, con aguas transparentes y lecho con predominio arenoso.

Para las determinaciones de los componentes sujetos a cambios significativos e inevitables durante el almacenamiento se tomaron en los sitios de muestreo tales como pH, temperaturas, oxígeno disuelto, entre otros con el fin de evitar las alteraciones en las muestras.

Se realizó además un proceso de control y seguimiento del muestreo para garantizar la confiabilidad de los resultados emitidos a través de *etiquetas* adhesivas de identificación de las muestras donde se anota número de muestra, fecha, hora y sitio de muestreo, nombre del recolector y otros; *formatos de campo* donde se registra toda la información pertinente a observaciones de campo, localización, mediciones en campo, entre otros.

#### **4.2.4 Parámetros unidades y técnicas del análisis fisicoquímico y microbiológico**

Los protocolos de los análisis reportados se realizaron de acuerdo con los recomendados por el Standard Methods for the Examination of Water and wastewater 19<sup>th</sup>

<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO O TÉCNICA UTILIZADA</b>
Alcalinidad	mg/ L	Titulométrico
Amonio	mg/ L	Fotométrico
Cloruros	mg/ L	Titulométrico
Coliformes Fecales	NMP/UFC	NMP
Coliformes Totales	NMP/UFC	NMP
Conductividad	µmhos/cm	Electrométrico
Demanda Bioquímica de O <sub>2</sub>	mg/ L	Fotométrico
Dureza Total	mg/ L	Titulométrico
Fosfatos	mg/ L	Fotométrico
Fósforo	mg/ L	Fotométrico
Hierro	mg/ L	Fotométrico
Nitratos	mg/ L	Fotométrico
Nitritos	mg/ L	Fotométrico
Oxigeno Disuelto	mg/ L	Electrodo Membrana
pH	Adimensional	Electrométrico
Porcentaje de Saturación	% sat	Electrodo Membrana
Salinidad	%	Electrométrico
Sólidos Totales	mg/ L	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	mg/ L	Gravimétrico
Sólidos Disueltos	mg/ L	Gravimétrico
Sulfatos	mg/ L	Fotométrico
Temperaturas	°C	Termométrico
Turbiedad	UNT	Nefelométrico

Cuadro N° 3 Parámetros unidades y técnicas del análisis fisicoquímico y microbiológico

## **4.2 ETAPA III PLAN DE MANEJO**

En esta etapa del proyecto es donde se formularon todos los planes y proyectos con el fin de mejorar las condiciones ambientales de la cuenca del río Tapias.

A partir de los análisis del diagnóstico de la cuenca del Río Tapias, se conocieron las relaciones y efectos de procesos degradativos en los ecosistemas, que ocasionan numerosos y complejos problemas; se realizó un plan de manejo donde se propone promover el desarrollo de actitudes y aptitudes, en la comunidad, como medio fundamental para armonizar su interacción con el medio natural, de tal forma que su comportamiento futuro no solo detenga los procesos degradativos si no que genere actividades de recuperación y preservación permanentes.

De acuerdo con los lineamientos metodológicos de planeación estratégica, se determinaron los factores claves para la estabilidad de la cuenca entendiendo por tales, aquellos cuya afectación repercute directa e indirectamente sobre la calidad de los ecosistemas involucrados en la cuenca.

También se analizaron y evaluaron los factores claves, para determinar las incidencias positivas y negativas de la situación actual del recurso hídrico ubicándolos en un nivel según los efectos de las situaciones ya sean convenientes o inconvenientes.

Mediante una visión de conjunto y como medio para establecer lo integral de las acciones, se seleccionaron las estrategias convenientes para el manejo o sostenimiento de cada uno de los factores analizados, así como las entidades encargadas de su desarrollo, luego se definieron los planes de manejo para cada uno de los temas contenidos en el diagnóstico, en los cuales se recurre a las estrategias previstas, de una manera estrictamente selectiva.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS HIDROMETEREOLÓGICOS**

El estudio hidroclimatológico de la cuenca del río Tapias presenta de manera integrada los elementos mas importantes que definen las condiciones climáticas de la cuenca. En el estudio se destaca el análisis de la evapotranspiración por servir de base para estudios aplicados. Para tal fin se recopilaron los datos en el HIMAT registros sobre vientos, precipitación, humedad relativa, caudales, etc.

#### **5.1.1 Hidrología**

El índice más práctico para evaluar el manejo de una cuenca hidrográfica está determinado por la esorrentía de la cuenca, medida en términos de su cantidad, calidad y tiempo de concurrencia.

El conocimiento del ciclo hidrológico resulta muy importante porque las actividades humanas pueden vivir en él, modificarlo a favor, por ejemplo cuando se retiene el caudal en un embalse para suministrar agua a un acueducto o para generar hidroelectricidad, o en contra del hombre como es el caso cuando el pisoteo del ganado en las zonas pendientes se compacta el suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración, lo que hace que toda el agua lluvia escurra superficialmente proporcionando un mayor caudal a las quebrada generando crecientes desastrosas.

### 5.1.1.1 Morfometría de la cuenca

El fin de analizar el dimensionamiento geográfico de la cuenca es determinar su comportamiento al movimiento del agua, por que la forma de la cuenca es determinante de la velocidad con que el cauce principal alcanza la desembocadura, siguiendo su curso desde la parte mas distante.

Las características de densidad de drenaje 0.38km coeficiente de capacidad 1.35 definen al río Tapias como una cuenca de baja capacidad de drenaje y con alguna susceptibilidad a las crecidas.

Su tipo es compuesto por los afluentes importantes que posee, como los ríos Corual y San Francisco, capaces de producir sus propias crecientes con características particulares, actuando como amortiguadores naturales y disminuyendo así el valor de la creciente acumulada.

La pendiente alta del cauce principal y de los cauces principales (San Francisco y Carrizal), en sus primeros 20km, hace que el tiempo de concentración sea corto.

De acuerdo con los parámetros de Horton y el índice de compacidad, las crecientes del río Tapias son relativamente altas, con altas velocidades de escurrimiento, alto riesgo de erosión hídrica y transporte de sedimentos.

#### **LONGITUD DE LOS CAUCES PRINCIPALES DE LA CUENCA**

<b>CORRIENTE</b>	<b>LONGITUD (Km)</b>
Río Tapias	86
Río San Francisco	27
Río Carrizal	16
Arroyo el Totumo	20
Qda. La Totumita	16
Arroyo el Saldo	19
Río Corual	24

Arroyo María mina	21
Canal Robles	29
Arroyo Mandinga	14
Otros	108.4

Cuadro N° 4 longitud de los cauces principales de la cuenca

### 5.1.1.2 Micro cuencas

El río recorre la cuenca de manera muy periférica, de tal forma que el drenaje de la parte central se realiza hacia éste, por medio de las corrientes anotadas, las cuales definen un sistema de micro-cuencas casi paralelas.

### PRINCIPALES MICROCUENCAS

MICROCUENCAS	SUPERFICIE Has.
Río San Francisco	16.600
Río Carrizal	4.700
Arroyo El Saldo	8.200
Arroyo El Totumo	4.400
Arroyo Maria Mina	8.900
Canal Robles	6.600
Río Corual	12.500
Arroyo Mandinga	6.000

Cuadro N° 5 Principales micro-cuencas

### 5.1.2 Climatología

Se entiende por clima de un lugar a región, el promedio de tiempo atmosférico tomado en un largo período de años; el tiempo atmosférico es la componente de un gran número de parámetros tales como la radiación, los vientos, la temperatura, precipitación entre otros.

Para analizar en una forma aceptable el clima de una región, es necesario tener un buen conocimiento de los parámetros anunciados. En el caso de la cuenca del Río Tapias, la disponibilidad de datos climatológicos es muy irregular por el escaso número de estaciones en la cuenca. Las intensidades para períodos de recurrencia calculadas son de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

### ESTACIONES METEOROLÓGICAS ANALIZADAS

ESTACION	LOCALIZACION Lat. N. Long. W	ELEVACION m. s. n. m.	CLASE
Dibulla	11°17- 73°18	5	Climatología
Matitas	11°15- 73°03	60	Climatología
La Paulina	10°54- 72°50	240	Pluviométrica
La Torre T.V.	11°07- 74°02	2.700	Pluviométrica
San Lorenzo	11°06- 74°03	2.250	Pluviométrica
Sabanas de Man.	10°57- 73°03	350	Pluviométrica
Puente Bomba	11°17- 73°10	50	Limnimétrica

Cuadro N° 6 Estaciones metereológicas analizadas

#### 5.1.2.1 Temperatura

El análisis multianual de los datos de temperatura para un período de 25 años define la época de agosto a septiembre como la de mayor temperatura (39°C), y de diciembre a febrero, como la de menor temperatura (36°C), no obstante, la mayor diferencia entre los dos períodos apenas alcanza 3°C muy coincidente con el comportamiento de las lluvias que causan, como es obvio, una disminución de la temperatura.

Los valores extremos de temperatura, registrados en el periodo analizado, corresponden a una mínima de 17°C y una máxima de 39.2°C, no obstante, la temperatura media multianual registrada en el mismo período 28.8 °C.

### **5.1.2.2 Vientos**

El movimiento horizontal del aire cerca de la tierra es un factor importante para el desarrollo de plantas y animales. Su principal efecto se refleja en las tasas de evaporación.

Cuando la velocidad del viento es pequeña (4 m/seg) cada capa de aire conserva su individualidad, no se mezcla con las capas aledañas y se mueve horizontalmente a la superficie terrestre; cuando esta velocidad sobrepasa a 6 m/s su flujo tiende a convertirse en turbulento, desarrollando el fenómeno de remolino, capaces de transferir vapor de agua entre las capas horizontales; como consecuencia, el calor y el vapor de agua se transfieren bajo gradientes de concentración altos que aceleran la evapotranspiración.

Para el período de 17 años, los valores para velocidad del viento alcanzan un máximo de 7.8 m/seg y un mínimo de 0.2 m/seg. Se caracterizan dos épocas de mayor intensidad, comprendidas entre mayo a julio y diciembre a febrero. Como la de mayor intensidad, que muestran alguna correlación con los períodos de estiaje.

### **5.1.2.3 Humedad Relativa**

La humedad relativa analizada en un periodo de 23 años, muestran un promedio multianual de 76% con una variación entre 68 y 90%. La época de mayor humedad coincide con el segundo semestre, de mayor precipitación y mayor temperatura.

#### **5.1.2.4 Evaporación**

La evaporación anual oscila entre 179 mm y 2.072 mm y se distribuye en forma normal a la precipitación y al brillo solar, por ser la precipitación prácticamente la única fuente de agua en la región y por las características de la vegetación y baja cobertura vegetal en la planicie marina.

#### **5.1.2.5 Brillo Solar**

Los valores torales mensuales multianuales para el brillo solar presentan un promedio de 283.16 horas/mes para el primer semestre y 267 horas/mes para el segundo semestre, que corresponden al 78.65% y 74.16% del día, respectivamente, aspecto que se refleja en la alta evaporación potencial de la región (1684.5 mm/año) dada su influencia en la temperatura del aire y en su efecto de radiación sobre las superficies de suelo, desnudas.

Aún cuando este factor se utiliza en el método Penman. 1948, para el cálculo de la evapotranspiración, que no se utiliza en este estudio por adaptarse mejor el método de Thornotwhite, se menciona a manera ilustrativa como factor determinante del clima en la región.

#### **5.1.2.6 Nubosidad**

Los valores promedios de nubosidad para la estación Matitas oscilan entre 3 y 4 octas, es decir que, en la mayor parte del año la cobertura del cielo es inferior a 50%.

Este hecho analizado junto con el brillo solar, muestra alta influencia de la radiación solar, con un coeficiente de reflexión superficial (relación entre

radiación reflejada y radiación incidente), dominante; se toma entre 0.18, que corresponde a la arena seca y 0.15 que corresponde a hierba seca. Este coeficiente es muy alto si se considera que su variación total está entre 0.03 para el bosque y 0.18 para arena seca.

La consecuencia fundamental de este factor se traduce en alta temperatura superficial y alta evaporación en las superficies sin cobertura.

#### **5.1.2.7 Balance Hídrico**

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (e) y el balance hídrico, se utilizó el método de Thornthwaite, en razón al énfasis que hace sobre la temperatura y precipitación media, datos disponibles y confiables para la región; otros métodos igualmente útiles requieren tipos de información no disponibles o no confiables.

$$e = 1.6 \left( 10 \times \frac{t}{l} \right)^a$$

Donde:

t es igual a la temperatura media mensual

l y a son constantes que dependen del lugar.

$\underline{l}$  corresponde a la suma sumatoria de las temperaturas medias mensuales

$\underline{a}$  corresponde a 1.514.

En el cuadro N° 6 se presenta la ficha hidrológica desarrollada con base en la precipitación media para la parte baja de la cuenca, donde se aprecia el comportamiento del balance hídrico y la evapotranspiración.

Debido a las marcadas diferencias climatológicas entre las dos grandes regiones que presenta la cuenca: planicie marina y piedemonte zona quebrada, se

consideraron solamente los datos de las estaciones Dibulla y Matitas, para el cálculo del balance hídrico, por las razones antes explicadas.

**CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO TAPIAS**  
**BALANCE HIDRICO**  
**ESTACIÓN MATITAS**

BALANCE HIDRICO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic	Total
1. Temperatura Media	22.7	26.6	27.2	27.4	27.6	28.2	29.8	28.7	27.6	26.9	26.8	26.4	
2. Precipitación Media	16.7	6.6	5.1	66.7	167.8	99.7	45.5	92.3	16.8	240.7	156.4	42.4	1.105
3. Evapotranspiración Potencial	134.4	135.0	139.2	139.2	139.2	143.8	157.5	148	139.2	135	139	135	1.685
4. Variación de la Reserva	0	0	0	0	28.6	-15.5	0	0	24.6	105.7	17.4	92.6	0
5. Reserva	0	0	0	0	28.6	0	0	0	24.6	130.7	117.4	7.4	0
6. Evapotranspiración Real	16.7	6.6	5.1	66.7	139.2	128.3	111	92.3	139.2	135	139	139	1.119
7. Déficit de agua	117.7	128.4	134.1	72.5	0	15.5	46.5	55.2	0	0	0	0	521.8
8. Exceso de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9. Desagüe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.3	17.4	0	0
10. Índice de humedad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. Coeficiente de humedad	-88	-0.95	-0.96	-0.52	0.21	-0.31	-0.7	-0.37	0.18	0.78	0.13	-0.69	-0.34
12. Índice de aridez	3758	95.11	96.34	52.08	0	10.78	29.52	37.3	0	0	0	0	30.97
13. Índice hídrico anual													

Cuadro No.6 Balance hídrico de la cuenca hidrográfica del río Tapias

Índices de Thorntwhite:  
 (10)  $lh = 100x (8)/ (6)$   
 (11)  $Ch = [(2) - (3)]/ (3)$   
 (12)  $la = 100 x (7)/(6)$   
 (13)  $lm 0 (10) - 0,6 x (12)$

La capacidad de campo = 100 mm.  
 La clasificación del clima, según Thorntwhite para la = 30.97  
 corresponde a “s” “Gran escasez de agua en verano”

### 5.1.2.8 Caudales Medios Mensuales del Río Tapias

#### CAUDALES MENSUALES PROBABLES RIO TAPIAS

Caudales mínimos (m <sup>3</sup> /seg)	Caudales máximos (m <sup>3</sup> /seg)
1,55	175
2,50	238
3,16	280
3,76	320
4,55	370
5,15	410

Cuadro N° 7 Caudales Medios Mensuales del Río Tapias

De acuerdo con los valores de caudales obtenidos por rendimientos según registros de la estación Puente Bomba, el río Tapias presenta un rendimiento medio anual multianual de 11.2 m<sup>3</sup>/seg, y un caudal mínimo medio diario de 0.8 m<sup>3</sup>/seg.

De acuerdo con la información de la estación Puente Bomba, analizados los valores medios mensuales de los caudales, se deduce un comportamiento que sigue el mismo patrón de las precipitaciones.

## 5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA

### 5.2.1 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Tapias Estación N° 1

PARAMETROS	M1T	M2T	M3T	M4T	M5T	M6T	M7T	VALOR	VALOR	VALOR
								MINIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
pH	7,60	8,12	8,23	7,16	7,49	6,85	6,92	6,85	8,23	7,48
Oxígeno Disuelto	7,09	5,72	6,93		6,08	5,64	6,65	5,64	7,04	6,34
Porcentaje de Saturación	86,10	68,80	74,00		83,20	68,30	79,10	68,30	86,10	76,58
Temperatura	24,00	24,80	25,50	25,70	27,40	24,50	28,00	24,00	28,00	25,70
Conductividad	49,00	67,00	53,00	91,00	80,00	75,00	61,00	49,00	91,00	68,00
Nitratos	1,22				0,02	0,99	0,09	0,02	1,22	0,58
Nitritos	0,05	0,04			0,01	0,09	0,06	0,01	0,09	0,05
Amonio		0,94			0,00	0,12	0,08	0,00	0,94	0,28
Turbiedad	10,50	28,90		38,70	32,50	25,00	30,90	25,00	38,70	27,75
Alcalinidad Total	9,00	24,00	32,40	25,00	23,00	24,36	27,84	9,00	32,40	23,66
Dureza Total	7,00	22,00	15,80	58,80	25,30	24,00	23,00	7,00	58,80	25,13
Cloruros	10,00	6,14	4,15	5,99	6,19	9,40	8,49	4,15	10,00	7,19
Sulfatos	10,50	9,24	8,52	8,90	26,30	7,86	9,60	7,86	26,30	11,56
Hierro	0,12	0,23	0,22	0,22	0,19	0,03	0,20	0,03	0,23	0,17
Sólidos Totales	48,00	95,00	112,00	187,00	62,00	99,00	231,00	48,00	231,00	159,00
Sólidos Disueltos	35,00	75,00	56,00	98,00	13,00	65,00	66,00	13,00	98,00	58,29
Sólidos suspendidos	13,00	20,00	56,00	89,00	49,00	34,00	165,00	13,00	165,00	60,86
Demanda Bioquímica de O <sub>2</sub>	2,10	0,19	1,62	0,18	1,28	1,58	1,01	0,18	2,10	1,14
Fosfatos		0,31	0,32	0,13	3,27	0,17	0,20	0,13	3,27	0,73
Coliformes Totales		1100,00	2400,00	2400,00	1100,00	2400,00	2400,00	1100,00	2400,00	1966,60
Coliformes Fecales		1100,00	2400,00	110,00	210,00	2100,00	2400,00	210,00	2400,00	1386,66

Cuadro N° 8 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Tapias Estación N° 1 Aguas arriba Acueducto de Riohacha

5.2.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Tapias Estación N° 2

<b>PARAMETROS</b>	<b>M1T</b>	<b>M2T</b>	<b>M3T</b>	<b>M4T</b>	<b>M5T</b>	<b>M6T</b>	<b>M7T</b>	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>VALOR PROMEDIO</b>
pH	8,04	8,22	8,26	6,94	7,80	6,99	6,70	6,94	8,22	7,56
Oxígeno Disuelto	6,15	5,54	5,89		7,01	6,72	6,45	5,54	7,01	6,29
Porcentaje de Saturación	76,70	72,40	76,80		69,90	70,00	80,80	69,90	80,80	74,43
Temperatura	26,20	28,00	23,00	25,70	31,70	25,90	22,00	22,00	28,00	91,25
Conductividad	62,00	73,00	63,00	98,00	86,00	79,00	61,00	61,00	98,00	74,57
Nitratos	2,05				0,00	0,73	0,02	0,00	0,75	0,70
Nitritos	0,06	0,07	0,05		0,05	0,03	0,06	0,03	0,07	0,05
Amonio		0,99	0,98		0,03	0,01	0,89	0,01	0,99	0,58
Turbiedad	15,30	42,30	45,80	5,20	29,90	28,00	46,90	5,20	46,90	30,48
Alcalinidad Total	8,00	23,00	21,00		27,84	29,00	26,60	8,0	29,00	22,20
Dureza Total	9,00	24,00	17,40		25,70	26,00	20,50	9,00	53,70	25,18
Cloruros	15,00	5,60	4,70		6,40	6,00	4,90	4,70	15,00	7,36
Sulfatos	20,40	9,80	9,70		0,00	6,32	9,40	0,00	20,40	9,26
Hierro	0,06	0,27	0,32		0,18	0,44	0,30	0,06	0,44	0,23
Sólidos Totales	58,00	118,00	261,00		48,00	107,00	468,00	48,00	468,00	164,71
Sólidos Disueltos	44,00	88,00	39,00		10,00	73,00	265,00	10,00	265,00	85,89
Sólidos suspendidos	14,00	30,00	222,00		38,00	34,00	203,00	11,00	222,00	50,28
Demanda Bioquímica de O	2,30	0,64	1,14		1,38	0,47	1,38	0,64	2,30	1,24
Fosfatos		0,32	0,33		0,16	0,14	0,16	0,14	1,70	0,53
Coliformes Totales		2400,00	2400,00	17,00	2400,00	2400,00	2400,00	17,00	2400,00	2400,00
Coliformes Fecales		1100,00	2400,00	3,00	2400,00	1100,00	2400,00	3,00	2400,00	1100,00

Cuadro N° 9 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Tapias Estación N° 2 Aguas abajo Paso Choles

### 5.2.3 pH

ANÁLISIS DEL pH EN EL RIO TAPIAS							
E/M	M1T	M2T	M3T	M4T	M5T	M6T	M7T
E1	7,60	8,12	8,23	7,16	7,49	6,85	6,92
E2	8,04	8,22	8,26	6,94	7,80	6,99	6,70

Cuadro No 10 Datos del pH del Río Tapias

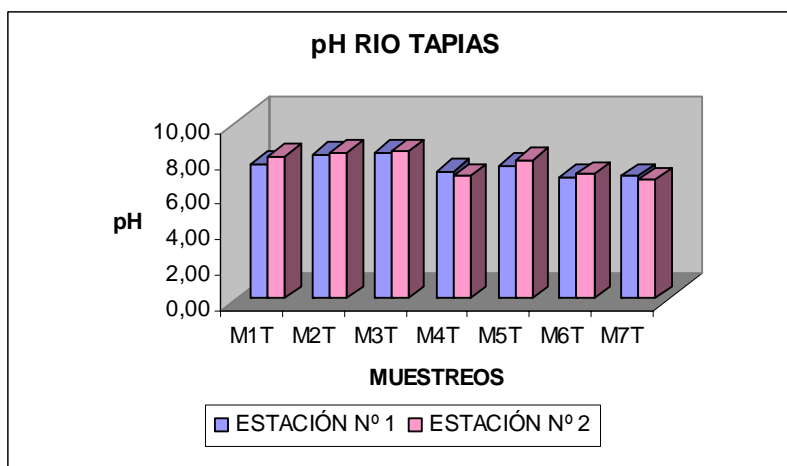


Figura No 2 Comportamiento del pH a lo largo del río Tapias.

El pH característico de la cuenca del río Tapias se debe a la naturaleza de los terrenos, por la topografía de la zona, el valor del pH que se registran estas aguas es en promedio 7.48 y 7.56 el cual es compatible con la vida de la mayoría de las especies acuáticas ya que para ellos resulta favorable un rango comprendido entre 6 y 8.

Es el pH quien controla muchas reacciones químicas en esta agua, no se presenta alteraciones significativas por la poca industria con que se cuenta que son en su mayoría los contaminantes que cambian el pH de las aguas.

### 5.2.4 Oxígeno Disuelto

ANÁLISIS DEL OXIGENO DISUELTO EN EL RIO TAPIAS						
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T	M7T
E1	7,09	5,72	6,93	6,08	5,64	6,65
E2	6,15	5,54	5,89	7,01	6,72	6,45

Cuadro N° 11 Datos de oxígeno disuelto en el río Tapias

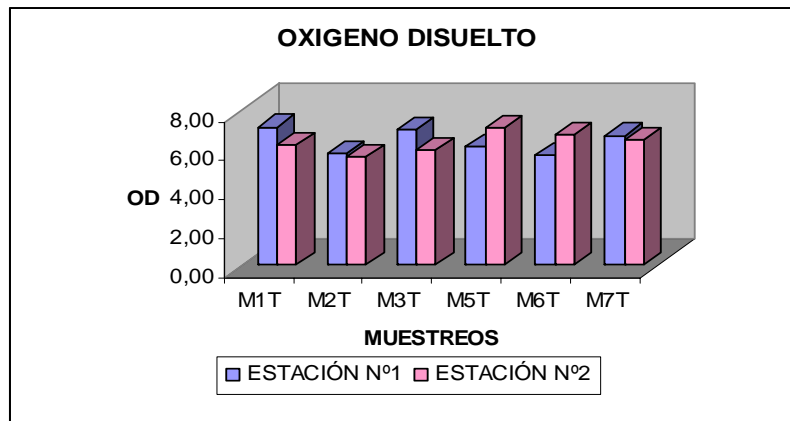


Figura No 3 Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Tapias

EL oxígeno disuelto de las aguas en el río Tapias es alta presenta una disponibilidad significativa por que limita la capacidad auto-purificadora lo cual se evidencia en el bajo índice de contaminación.

Estas aguas se consideran limpias por que normalmente están saturadas con oxígeno disuelto  $O_2$  evitando que la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos pueda consumirlo rápidamente.

La solubilidad del oxígeno disuelto en las aguas del río Tapias se debe a factores tales como temperatura, presión atmosférica y salinidad. En la estación Paso

Choles la concentraciones de oxígeno disuelto fue menor comparada con la estación Bocatoma de Riohacha, ya esta a mayor altura sobre el nivel del mar la temperatura es menor, por lo tanto se presenta mayor cantidad de oxígeno disuelto.

Estas aguas oscila entre 5.54mg/l y 7.09mg/l de OD, las cuales están dentro del rango optimo evitando que se presenten efectos perjudiciales sobre la vida acuática, teniendo en cuenta que se recomiendan usualmente concentraciones mayores de 4mg/l, por que el oxígeno disuelto menor de 5mg/l puede ser un indicativo de contaminación.

### 5.2.5 Temperatura

ANÁLISIS DE TEMPERATURA EN EL RIO TAPIAS							
E/M	M1T	M2T	M3T	M4T	M5T	M6T	M7T
E1	24,00	24,80	25,50	25,70	27,40	24,50	28,00
E2	26,20	28,00	23,00	25,70	31,70	25,90	22,00

Cuadro N° 12 Datos de la temperatura en el río Tapias

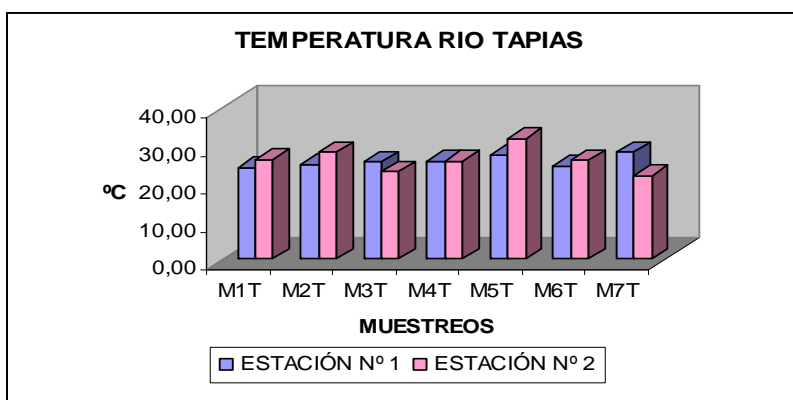


Figura No 4 Comportamiento de la temperatura del río Tapias

En el río Tapias las temperaturas de sus agua son variables, estas dependen predominantemente del clima de la zona porque no existe contaminación térmica; también se le atribuye la temperatura a las características forestales del sitio donde se realizó la medición y la hora del día. En cuanto a los resultados obtenidos no se considera la temperatura un factor preponderante en los cambios de los ecosistemas acuáticos, por su poca variación; no sin mencionar que en ocasiones resultan estas condiciones climáticas favorables para ciertos organismos.

Las mediciones de temperaturas oscilan entre 23,0 y 31,70°C encontrándose dentro de los límites permisibles por el Decreto 1594/84 donde se estipula como máximo 40°C.

### 5.2.6 Conductividad

Cuadro N° 13 Datos de la conductividad en el río Tapias

<b>ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD EN EL RIO TAPIAS</b>						
<b>E/M</b>	<b>M1T</b>	<b>M2T</b>	<b>M3T</b>	<b>M4T</b>	<b>M5T</b>	<b>M6T</b>
<b>E1</b>	49,00	67,00	53,00	91,00	80,00	75,00
<b>E2</b>	62,00	73,00	63,00	98,00	86,00	79,00

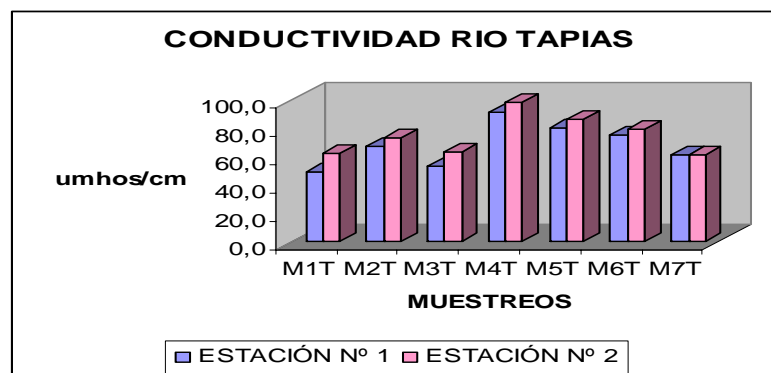


Figura N° 5 Comportamiento de la conductividad en el río Tapias

La conductividad analizada en el río Tapias presenta variaciones similares en cada una de las estaciones con un comportamiento que varía según las épocas del año; estas variaciones están asociadas a las concentraciones totales de sustancias disueltas y a la temperatura a la cual se realizan las mediciones.

Los valores determinados se encuentran en un rango que oscila entre 49 y 98,0 umhos/cm con un valor promedio de 68 y 74 umhos/cm con respecto a cada estación, indicándonos el contenido de sales y minerales presentes en esta agua.

### 5.2.7 Nitratos

<b>ANÁLISIS DE NITRATOS EN EL RÍO TAPIAS</b>				
<b>E/M</b>	<b>M1T</b>	<b>M5T</b>	<b>M6T</b>	<b>M7T</b>
<b>E1</b>	1,22	0,02	0,99	0,09
<b>E2</b>	2,05	0,00	0,73	0,02

Cuadro N° 14 Datos de los nitratos en el río Tapias

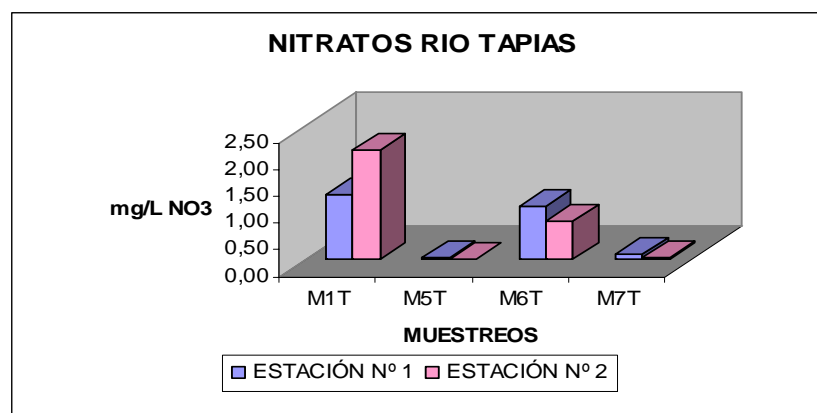


Figura N° 6 Comportamiento de los nitratos en el río Tapias

Las concentraciones de NO<sub>3</sub> en el río Tapias se encuentran en niveles bajos que oscilan entre 0,0 y 2,05 no superando los límites máximos de 10 mg/l estipulados en el Decreto 1594 del 1984.

En cuanto a los valores significativos de NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub> metales pesados que se encuentran en el río Tapias se puede decir que se deben a las continuas precipitaciones que dieron lugar al arrastre de suelo, de las deforestaciones existente en algunos lados de la zona. Estos arrastres pueden contener altos contenidos de metales N y P característicos de los fertilizantes, además de materia orgánica y coliformes.

El río Tapias presenta valores bajos de nitrato debido a su caudal y a su alta vegetación en la mayor parte de sus linderos.

### 5.2.8 Nitritos

<b>ANÁLISIS DE NITRITOS EN EL RIO TAPIAS</b>					
<b>E/M</b>	<b>M1T</b>	<b>M2T</b>	<b>M5T</b>	<b>M6T</b>	<b>M7T</b>
<b>E1</b>	0,05	0,04	0,01	0,09	0,06
<b>E2</b>	0,06	0,07	0,05	0,03	0,06

Cuadro N° 15 Datos de los nitritos en el río Tapias

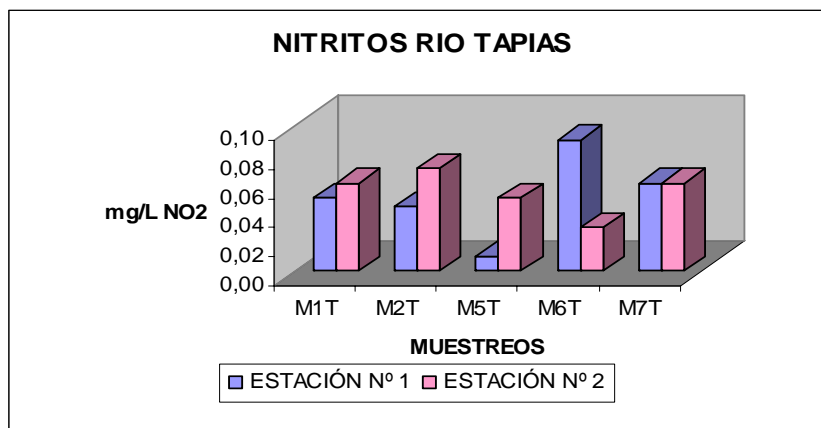


Figura N° 7 Comportamiento de los nitritos en el río Tapias

En las muestras analizadas de las Aguas del río Tapias se encuentran concentraciones pequeñas provenientes de la oxidación incompleta del amoníaco cuya nitrificación no es completa totalmente y de la reducción de los nitratos bajo la influencia de la acción desnitrificante.

Es importante señalar que las aguas del río Tapias presentan comportamientos variados en la concentración de NO<sub>2</sub> al igual que los fosfatos y la demanda química de oxígeno, debido a la existencia de una gran variedad de cultivos a lo largo de la cuenca donde se utilizan fertilizantes que contienen en su formulación Nitrógeno y fósforo que pueden ser arrastrados por las aguas de lluvia hasta la cuenca; a esto se le suman las descargas de aguas residuales domésticas de las comunidades aledañas a la cuenca.

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que las concentraciones de nitritos de las aguas del río Tapias oscila entre 0,01 a 0,09 mg/l encontrándose todos los valores dentro del rango óptimo establecido en el decreto 1584/84.

### 5.2.9 Amonio

ANÁLISIS DE AMONIO EN EL RIO TAPIAS				
E/M	M2T	M5T	M6T	M7T
E1	0,94	0,00	0,12	0,08
E2	0,99	0,03	0,01	0,89

Cuadro N° 16 Datos del amonio en el río Tapias

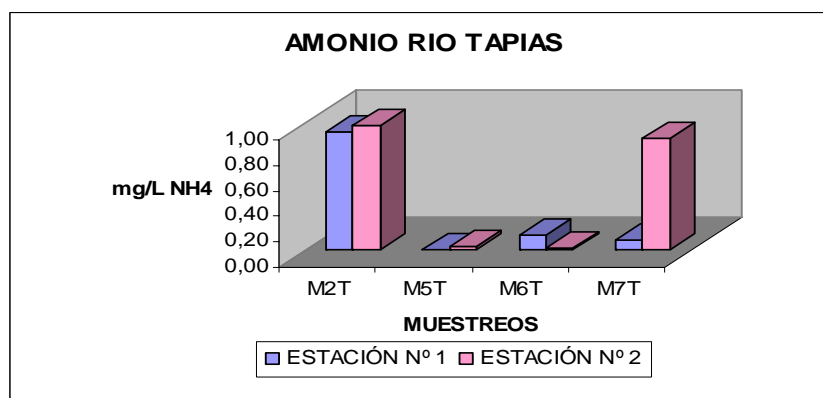


Figura N° 8 Comportamiento del amonio en el río Tapias

El ión amonio  $\text{NH}_4$  está presente en las aguas del río Tapias en concentraciones que varían desde 0,0 hasta 0,99 mg/L de  $\text{NH}_4$  el cual resulta de la desaminación de algunos compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea, este último en mayor proporción.

Según lo anterior las concentraciones que registran las muestras tomadas en el río Tapias cumplen con lo estipulado en uno de los artículos del Decreto 1594 de 1984, que es de 1,0 mg/L de amonio. Se debe tener las debidas precauciones para evitar que las concentraciones de este ión aumenten porque están próximas de los límites máximos permisibles.

### 5.2.10 Turbiedad

ANÁLISIS DE TURBIEDAD EN EL RIO TAPIAS				
E/M	M1T	M2T	M4T	M5T
E1	10,50	28,90	38,70	32,50
E2	15,30	42,30	5,20	29,90

Cuadro N° 17 Datos de la turbiedad en el río Tapias

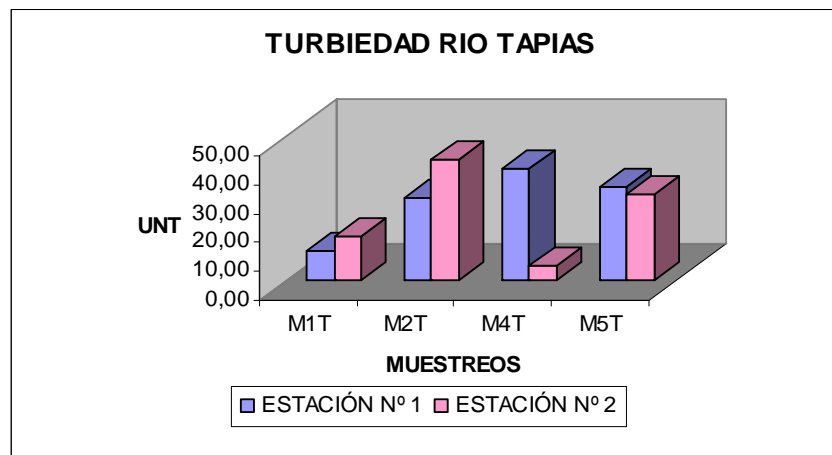


Figura N° 9 Comportamiento de la turbiedad en el río Tapias

El río Tapias se caracteriza por su turbiedad, fenómeno que se manifiesta al dispersar y absorber los rayos de luz en lugar de transmitirlos en línea recta. Esta es causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas tanto orgánicas como inorgánicas de varios tamaños desde coloidal hasta partículas macroscópicas; la turbiedad es debida a dispersiones normales.

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que la turbiedad de las muestras analizadas oscila entre 10,5 y 38,7 NTU encontrándose los valores dentro del rango óptimo establecido por el Decreto 1594/84 que son 50 NTU máximo.

### 5.2.11 Alcalinidad

ANÁLISIS DE ALCALINIDAD EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	9,00	24,00	32,40	23,00	24,36
E2	8,00	23,00	21,00	27,84	29,00

Cuadro N° 18 Datos de la alcalinidad en el río Tapias

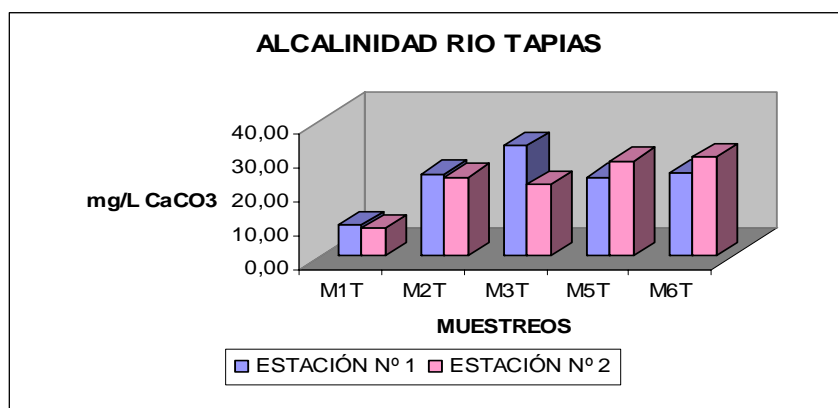


Figura N° 10 Comportamiento de la alcalinidad en el río Tapias

Las aguas del río Tapias se caracterizadas por presentar un rango de pH que oscila entre 6.9 y 8.3, donde la alcalinidad es debida a los bicarbonatos y parte del CO<sub>2</sub> disuelto en el H<sub>2</sub>O que es el resultado final de la búsqueda del equilibrio de las reacciones químicas; donde la acidez que contienen las aguas son disipados por el acelerado desgaste de los componentes alcalinos de las rocas de tal forma que el pH en esta agua casi nunca sobrepasa los 8.5, porque cuando esto ocurre la alcalinidad debida al carbonato aparece volviendo al equilibrio mediante la reacción que libera el CO<sub>2</sub> a la atmósfera y la respiración acuática.

El efecto natural que presenta el río Tapias de tamponeo o equilibrio entre sus aguas y la atmósfera es gracias a que son pocas las descargas industriales sin

control, presentando por consiguiente alcalinidades bajas que pueden ser atribuidas a los desplazamientos del bicarbonato por el dióxido de carbono. Con los resultados obtenidos se puede apreciar que la alcalinidad en las muestras analizadas osciló entre 8.00 y 27.84 encontrándose dentro de un rango óptimo.

### 5.2.12 Dureza

ANÁLISIS DE DUREZA EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	7,00	22,00	15,80	25,30	24,00
E2	9,00	24,00	17,40	25,70	26,00

Cuadro N° 19 Datos de la dureza en el río Tapias

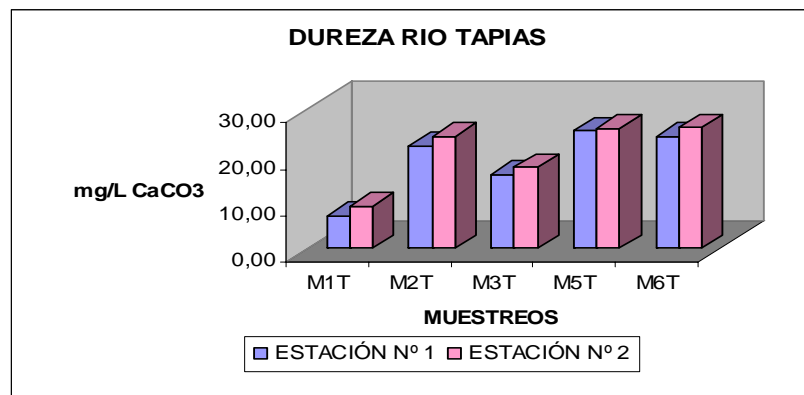


Figura N° 11 Comportamiento de la dureza en el río Tapias

Se considera que la dureza de las aguas del río Tapias es causada por iones metálicos divalentes presentes en algunas rocas, los cuales reaccionan con ciertos aniones presentes en el agua formando incrustaciones y precipitados

La dureza que estas corrientes presentan es carbonacea, donde los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad, por lo tanto se puede decir que la dureza total químicamente es equivalente a los bicarbonatos presentes en las aguas; la cual se sabe que desaparece por precipitación mediante la ebullición prolongada por ser una dureza temporal o sea no permanente.

Se espera no introducir un error al considerar que la dureza es causada solo por los iones calcio y magnesio, por que los concentraciones de estos en las muestras no son tan altos, como para asociar que la dureza se debe a estos y no a otros iones divalentes presentes en el agua, por lo cual resulta conveniente realizar un calculo de dureza causada por otros iones.

En términos de dureza se considera que las aguas de río Tapias son blandas por encontrarse en el intervalo de 0 a 75 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  además de encontrarse en el rango óptimo establecidos en el decreto 1594.

### 5.2.13 Cloruros

<b>ANÁLISIS DE CLORUROS EN EL RIO TAPIAS</b>				
<b>E/M</b>	<b>M1T</b>	<b>M2T</b>	<b>M3T</b>	<b>M5T</b>
<b>E1</b>	10,00	6,14	4,15	6,19
<b>E2</b>	15,00	5,60	4,70	6,40

Cuadro N° 20 Datos de los cloruros en el río Tapias

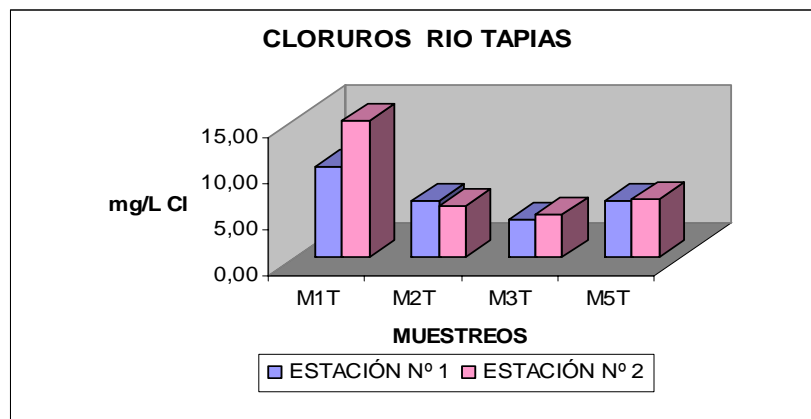


Figura N° 12 Comportamiento de los cloruros en el río Tapias

Los cloruros aparecen a lo largo del río Tapias en concentraciones que varía ampliamente de 15.00 a 4.15 mg/L en forma de sales como NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> entre otros, pero no es el anión predominante por que su contenido es realmente mas bajo que el de los bicarbonatos y sulfatos.

Los cloruros pueden acceder a las aguas del río Tapias en muchas formas gracias al poder disolvente del agua para introducir el cloro de la capa vegetal y de las formaciones mas profundas ocasionando una mezcla constante de agua salada con agua dulce, las concentraciones del cloro también se atribuyen a la contaminación que resulta de las descargas de aguas servidas, el drenaje de irrigación

Se debe considerar que los efluentes de aguas residuales que llegan al río Tapias añaden cantidades considerables de cloruros por los excrementos como la orina contiene cloruros en una cantidad casi igual a la de los cloruros consumidos con los alimentos y el agua.

### 5.2.14 Sulfatos

ANÁLISIS DE SULFATOS EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	10,50	9,24	8,52	26,30	7,86
E2	20,40	9,80	9,70	0,00	6,32

Cuadro N° 21 Datos de los sulfatos en el río Tapias

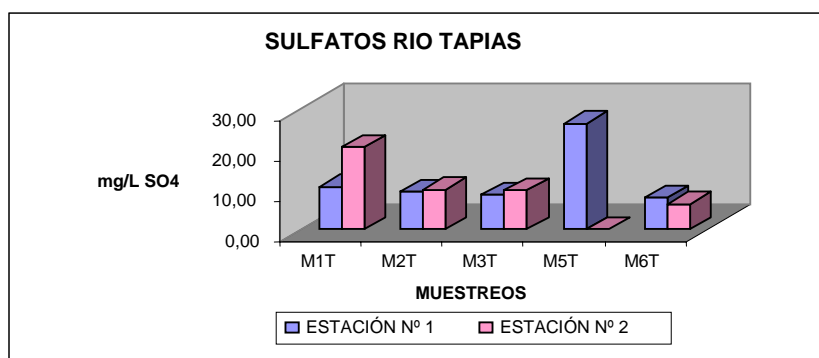


Figura N° 13 Comportamiento de los sulfatos en el río Tapias

Las concentraciones de sulfatos que se encuentran en las aguas del río Tapias presentan un amplio intervalo que va desde 6.32 hasta 26.30 mg/L de sulfato, estos valores están dentro del rango óptimo de calidad establecido en el decreto 1594 del 84 por que este establece un máximo de 400mg/L.

Los sulfatos son uno de los aniones que presentan las concentraciones más altas en el río Tapias por su fácil solubilidad en agua en casi todos excepto los sulfatos de plomo, bario y estroncio. Los sulfatos son unos solutos permanentes del agua que se pueden reducir a sulfuro volatilizando al aire como hidrogeno y precipitando al agua como una sal insoluble o incorporándose en organismos vivientes.

Los sulfatos llegan a las aguas del río Tapias a través de desechos provenientes de una multiplicidad de procesos tales como el sulfato atmosférico que se forma por la quemadura de combustibles fósiles y se emiten por métodos de calcinación de  $\text{SO}_3$  provenientes de la oxidación catalíticas del dióxido de carbono que se combina con el vapor de agua y forma el ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que se precipita como lluvia ácida.

### 5.2.15 Hierro

ANÁLISIS DE HIERRO EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	0,12	0,23	0,22	0,19	0,03
E2	0,06	0,27	0,32	0,18	0,44

Cuadro N° 22 Datos del hierro en el río Tapias

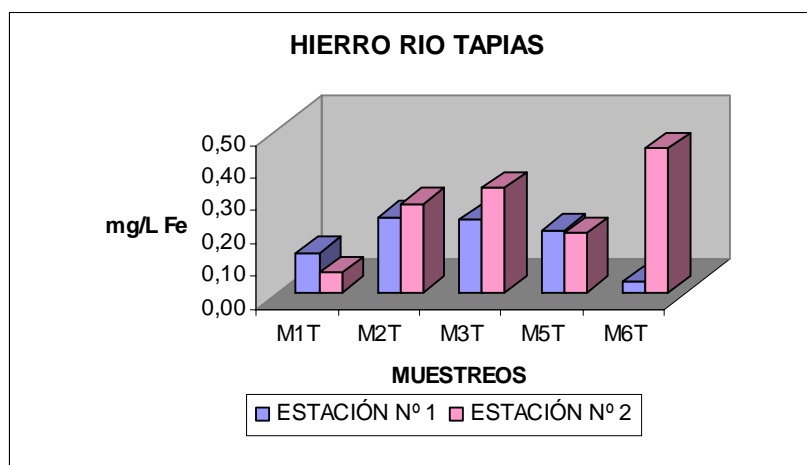
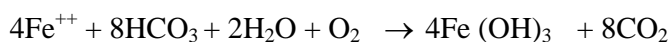


Figura N° 14 Comportamiento del hierro en el río Tapias

Es evidente que las alcalinidades son bajas en las aguas del río Tapias, porque el hierro ferroso al entrar en contacto con el oxígeno del aire se convierte en hierro

férrico removiendo la alcalinidad, al reemplazarla por el CO<sub>2</sub> y de igual forma se pronuncia sobre el pH de éstas aguas mediante la siguiente reacción:



Las aguas del río Tapias no son tan turbias, éstas son más bien aceptables estéticamente lo cual se debe a la acción del O<sub>2</sub> presente en el aire y la solubilidad del Fe<sup>++</sup> al formar precipitados coloidales, donde la tasa de oxidación del Fe<sup>++</sup> para este caso debe ser lenta permitiéndole persistir en el agua.

Para el caso de las aguas del río Tapias no es necesario realizar control sobre las bacterias fijadoras de Fe, porque los análisis nos indican que las concentraciones de Fe<sup>++</sup> oscilan entre 0,02 y 0,1 no excediendo los límites del Decreto 1594/84.

### 5.2.16 Sólidos Totales

ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES EN EL RÍO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	48,00	95,00	112,00	62,00	99,00
E2	58,00	118,00	261,00	48,00	107,00

Cuadro N° 23 Datos de los sólidos totales en el río Tapias

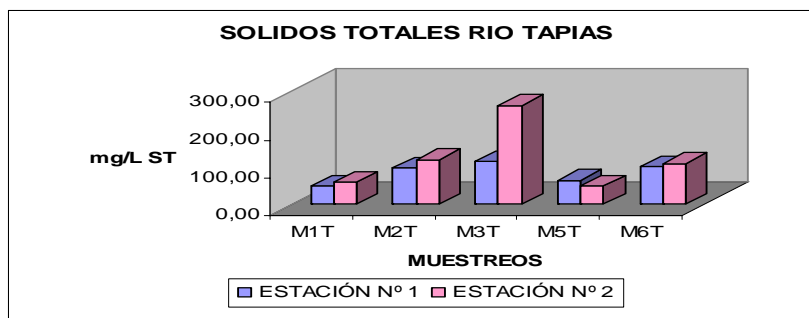


Figura N° 15 Comportamiento de los sólidos totales en el río Tapias

El total de la materia disuelta y suspendida en las muestras de aguas analizadas tomadas del río Tapias tiene en promedio 166 mg/l de material, lo que corresponde al arrastre de sedimentos, el aporte de agua negras y basuras que recibe presentando un aumento en forma considerable.

### 5.2.17 Demanda Bioquímica de Oxígeno

ANÁLISIS DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M1T	M2T	M3T	M5T	M6T
E1	2,10	0,19	1,62	1,28	1,58
E2	2,30	0,64	1,14	1,38	0,47

Cuadro N° 24 Datos de la Demanda bioquímica de oxígeno en el río Tapias

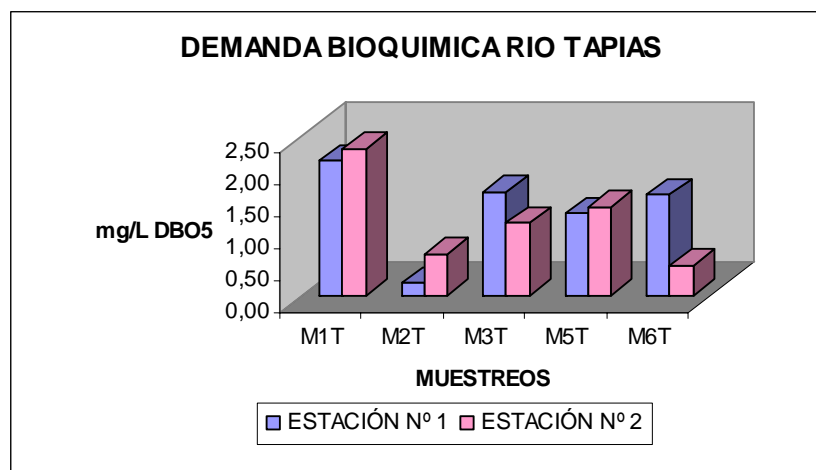


Figura N° 16 Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Tapias

La Cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbicas oscila

entre 0.18 y 2.30 mostrando que el poder contaminante de los residuos domésticos es bajo en términos de la cantidad de oxígeno que se requiere para que las aguas del río Tapias las degrade.

Los valores de DBO<sub>5</sub> promedio en la estación No. 1 son de 1.14, los cuales son menores al compararlos con la estación No. 2. Este comportamiento es debido a que en la segunda estación las descargas de aguas residuales de origen doméstico generadas por cada comunidad aledaña a la cuenca disparan estos niveles.

### 5.2.18 Fosfatos

ANÁLISIS DE FOSFATOS EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M2T	M3T	M5T	M6T	M7T
E1	0,31	0,32	3,27	0,17	0,20
E2	0,32	0,33	0,16	0,14	0,16

Cuadro N° 25 Datos de los fosfatos en el río Tapias

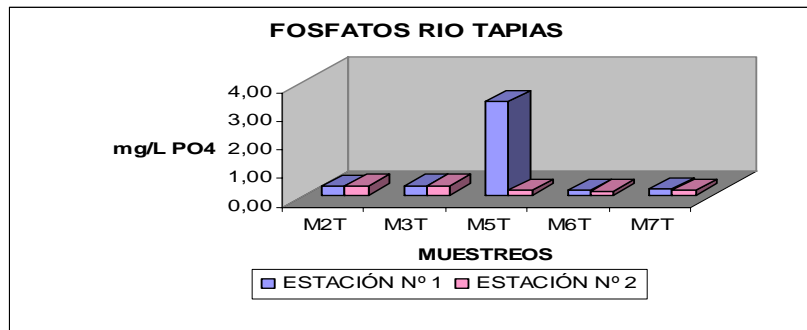


Figura N° 17 Comportamiento de los fosfatos en el río Tapias

En cuanto a los fosfatos se encuentran valores que oscilan entre 0.13 y 3.27, los cuales están asociados a la utilización de fertilizantes químicos debido a que

existe una gran variedad de cultivos a lo largo del río Tapias donde utilizan fertilizantes que contienen Nitrógeno y fósforo en sus concentraciones y que son arrastrados por las lluvias hasta la cuenca; a esto se le suma las aguas residuales descargadas por algunos asentamientos humanos de la parte baja zona plana que se dedica en gran medida a la ganadería y a la agricultura.

### 5.2.19 Coliformes

ANÁLISIS DE COLIFORMES EN EL RIO TAPIAS					
E/M	M2T	M3T	M4T	M5T	M6T
E1	1100,00	2400,00	2400,00	1100,00	2400,00
E2	2400,00	2400,00	17,00	2400,00	2400,00

Cuadro N° 26 Datos de los coliformes en el río Tapias

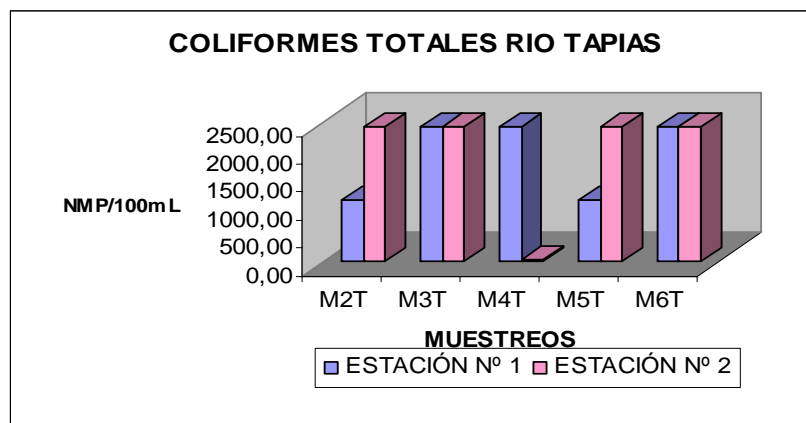


Figura N° 18 Comportamiento de los coliformes en el río Tapias

Al evaluar la contaminación microbiológica del río Tapias en coliformes tales como bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos, no esporulados por la técnica de los tubos de fermentación múltiples. Se reportan valores altos en la mayoría de los muestreos los cuales tienen un máximo mayor a 2400 y un mínimo de 3,00 NMP/100ml del río con respecto a las estaciones.

Los resultados de coliformes no proveen mayor información para el análisis del comportamiento; sin embargo, se observa que los valores más bajos se obtuvieron en los muestreos M4 y M5 y en los demás presentan valores altos.

## 6. CONCLUSIONES

En el diagnóstico realizado a la cuenca del río Tapias se evidencian procesos degradativos que se manifiestan por complejos problemas en los que convergen factores naturales y sociales, motivados por diversos factores tales como las necesidades vitales de las comunidades para subsistir y desarrollarse a expensas del sistema natural de la cuenca alterando y modificando el medio, al construir ambientes artificiales casi siempre incompatibles con la naturaleza.

Aún cuando en la cuenca se encuentran elevaciones hasta de 2800 msnm en cortos trechos se encuentran cambios a zonas bajas, que cubren la mayor parte de la cuenca, las cuales registran temperaturas medias de 20°C, baja precipitación, alta evaporación, condiciones que determinan un clima seco y pobre en recursos hídricos; pero es de esperarse que en la zona alta de la cuenca (superior a los 500 msnm) las condiciones se inviertan a un balance positivo; este es el factor que mantiene la corriente del río Tapias activa durante todo el año, por que la precipitación aumenta considerablemente con la altura.

El desarrollo del presente diagnóstico permite conocer una de las situaciones que enfrenta el río Tapias por las alteraciones en el ciclo hidrológico, reflejándose un déficit en el balance hídrico; el cual se vé pronunciado en la escasez de agua y la erosión de los suelos.

El río Tapias aguas arriba de los asentamientos humanos próximos a la Sierra no presenta contaminación porque los ecosistemas de este tramo son poco intervenidos; mientras que aguas abajo la situación cambia un poco, dado que los municipios comienzan a aportar aguas negras y basuras al río. No obstante, los mecanismos de depuración suelen ser eficientes en los tramos del río

comprendidos entre zonas rurales, debido en gran parte a la oxigenación a que son objeto sus aguas por la turbulencia que genera la alta pendiente de la cuenca.

En los próximos años no solamente continuará aumentando la demanda de agua para sus diferentes usos humanos y económicos, sino que, la oferta aprovechable del recurso puede reducirse aceleradamente de continuar las tendencias actuales de deforestación y la ausencia casi total de tratamiento de las aguas residuales.

Este diagnóstico recoge el conocimiento y el análisis efectuado a partir de la información básica de la red de referencia de estaciones hidrometeorológicas y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados. Parte del proceso de planificación y gestión del recurso que debe adelantar el departamento en los próximos años para evitar dificultades cada vez mayores en las disponibilidades de agua, requiere evaluaciones más detalladas a partir de información específica que mejore el conocimiento e información disponible, en lo cual se requiere la participación activa de los organismos y autoridades ambientales así como de los entes territoriales y los diferentes sectores.

Tenemos que la situación de la calidad en las aguas del río Tapias, en términos generales no alcanza los niveles críticos que acusa en muchos otros zonas del país, sin embargo se evidencian síntomas de alarma en algunos municipios y áreas urbanas en donde se deben definir políticas para la planificación, manejo y utilización del recurso hídrico, ya que de acuerdo con las Naciones Unidas cuando el índice de escasez para el año medio se sitúa entre el 10% y el 20% (que corresponde a la categoría media del índice), deben iniciarse procesos de ordenamiento de cuencas y en los casos en que el índice supere el 20% es necesario ordenar la oferta con la demanda para prevenir futuras crisis.

Estos antecedentes han despertado la necesidad de generar una reglamentación en materia de cobro de aguas, cuyos recursos deben estar dirigidos a la protección y recuperación del río Tapias, de conformidad con el Plan de ordenamiento y manejo de las cuencas. Si bien este es un buen destino para los recursos que se captan por este concepto, se puede pensar en ampliar sus alcances, favoreciendo el desarrollo del sector agrícola y seguramente de otros sectores, mediante la destinación de recursos para promover la generación de estrategias que garanticen el buen uso del preciado líquido.

## 7. RECOMENDACIONES

Es necesario determinar en forma general, basado en modelos conceptuales el balance hídrico, caracterizando la oferta, la demanda y estimando las limitaciones para el uso del agua por presiones, sobre la calidad del recurso y por efecto de la regulación hídrica; por que permiten:

1. Estimar la oferta hídrica, a nivel anual, para un año promedio, un año seco y las distribuciones mensuales correspondientes.
2. Definir aquellas zonas naturalmente deficitarias de agua, caracterizadas por el índice de aridez, que representa la falta de disponibilidad de agua en la cuenca.
3. Estimar la demanda actual para los principales usos (consumo humano, agrícola, industrial, pecuario y demás servicios) en la zona.
4. Estimar las proyecciones de la demanda para los futuros años, a través de la relación demanda-oferta, determinar el índice de escasez de agua tanto en el nivel anual como mensual.
5. Determinar la vulnerabilidad por disponibilidad de agua, especialmente en las épocas de estiaje.

Se debe promover el desarrollo de aptitudes y actitudes, en las comunidades, como medio fundamental para armonizar su interacción con el medio natural, de tal forma que su comportamiento futuro no solo detenga los procesos degradativos sino que generen actividades de recuperación y preservación permanentes.

Se recomienda a la Corporación Autónoma Regional de La Guajira incrementar los monitoreos, las estaciones e incluir parámetros importantes que en la actualidad no se analizan.

## 8. BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater 19<sup>th</sup> united states of america. American public health association water pollution control federation. New York. 1999

CLAIR, M. Sawyer, PERRY, L. McCarty y GENE F. Parkin. Química para Ingeniería Ambiental. Mc Graw Hill. Cuarta edición 2001.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA - Informe de resultados de la identificación del agua superficial Río Tapias. Análisis Fisicoquímico y bacteriológico 2003.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA - Plan de acción trienal 2004- 2006, Plan de aguas del departamento de La Guajira. 2004.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA. METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Protocolo de las técnicas 2001.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia, Bogotá. 1988

KEMMER, Frank. N y McCALLION, John. Manual del Agua, su naturaleza, tratamientos y aplicaciones. Tomo I. Editorial Mc Graw Hill. México 1989.

MARIN Ramírez, Rodrigo Estadística sobre el recurso del agua en Colombia. Himat. Bogotá, 1992

MERCK, E. Análisis del agua Darmstadt R.F, Alemania 1998

MINISTERIO DE SALUD – Republica de Colombia, Decreto 1594 del 26 de junio de 1984

PUENTE, Brugés Jairo, La Crisis del Agua en Santander, Inderena Regional Santander, Unidad de Investigación Ambiental. Bucaramanga Junio de 1993.

REPUBLICA DE COLOMBIA, Ley 99 del 23 de diciembre de 1993, Código nacional de los recursos naturales renovables y del ambiente. 1993

RODIER, J. Análisis de las aguas, Editorial Omega Barcelona 1998

ROMERO R, Jairo A. Acuiquímica., Escuela Colombiana de ingenierías, Primera edición Santafe de Bogota 1995

SALAZAR, Arias Álvaro. Contaminación de Recursos Hídricos, modelos y control, segunda edición Ainsa, Medellín 1987

SKOOG, D.A and LEARY, J.J Análisis Instrumental. Mc Graw Hill. Madrid Cuarta edición, España. 1994

SPIRO. Thomas G y STIGLIANI, William M. Química Medioambiental. Editorial Pearson Prentice Hall. Segunda edición España 2004.

## ANEXOS



Foto N° 1 Río Tapias, Estación N° 1, Aguas arriba de la Bocatoma Acueducto de Riohacha



Foto N° 2 Río Tapias, Estación N° 2, Aguas abajo Paso Choles



Foto N° 3 Río Tapias sector Naranjal



Foto N° 4 Río Tapias sector Tomarazón



Foto N° 5, 6 y 7 Bocatoma, canal de conducción y planta de tratamiento del acueducto de Riohacha abastecido por el río Tapias



Foto N° 8 Cerro Cuchilla del Mico, nacimiento del río Tapias estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta