

## ***APENDICE E***

---

### ***CALIDAD DEL AGUA Y MECANISMOS DE POLUCION***

---

## APPENDICE E

### CALIDAD DEL AGUA Y MECANISMOS DE POLUCION

#### Tabla de Contenido

<b>CAPITULO I CALIDAD DEL AGUA EXISTENTE EN RÍOS Y LAGUNAS .....</b>	<b>E-1</b>
1.1 Información Disponible de Calidad del Agua.....	E-1
1.1.1 Localización y Frecuencia de Muestreo.....	E-1
1.1.2 Calidad del Agua en el Pasado .....	E-1
1.2 Observación Suplementaria de Calidad del Agua en Epoca de Lluvia.....	E-2
1.2.1 Observación de Calidad del Agua .....	E-3
1.2.2 Observación de Calidad de Sedimentación .....	E-5
1.2.3 Observación Biológica en la Laguna .....	E-5
1.2.4 Pruebas de Transparencia, Liberación, Producción y Sedimentación .....	E-6
1.2.5 Observación de Calidad de Aguas Residuales de Alcantarillado e Industriales .....	E-6
1.3 Observación Suplementaria de Calidad del Agua en Epoca Seca .....	E-7
1.3.1 Calidad del Agua Observada.....	E-7
1.3.2 Observación Biológica en la Laguna .....	E-10
1.3.3 Pruebas de Transparencia, Producción y Sedimentación .....	E-10
1.3.4 Observación de Calidad de Aguas Residuales de Alcantarillado e Industriales.....	E-11
1.4 Evaluación de los Resultados de Observaciones Suplementarias.....	E-12
1.4.1 Calidad del Agua de los Ríos y la Laguna .....	E-12
1.4.2 Calidad del Sedimento.....	E-16
1.4.3 Pláncton y Bentos.....	E-17
1.4.4 Tasa de Sedimentación, Liberación y Producción.....	E-18
1.4.5 Calidad del Agua Residual .....	E-19
1.5 Estandares de Calidad para Aguas Superficiales y Aguas Residuales .....	E-19
1.5.1 Estandares Nacionales .....	E-19
1.5.2 Estandares CAR .....	E-20
<b>CAPITULO II GENERACION EXISTENTE DE CARGA CONTAMINANTE .....</b>	<b>E-21</b>
2.1 Sistemas de Alcantarillado Existentes en el Area de Estudio ..	E-21
2.1.1 Inventario del Sistema de Alcantarillado.....	E-21
2.1.2 Inventario de Mataderos Existentes.....	E-25

	2.1.3	Inventario de Disposición de Agua Residual Industriales .....	E-26
2.2		Carga Contaminante Generada Actualmente .....	E-31
	2.2.1	Carga Contaminante Generada/Efluente .....	E-31
	2.2.2	Efluente de Carga Contaminante Puntal a los Ríos .....	E-34
2.3		Generación de Carga Contaminante Futura/Efluente .....	E-35
	2.3.1	Carga Contaminante Doméstica .....	E-35
	2.3.2	Matadero.....	E-35
	2.3.3	Industria.....	E-36
	2.3.4	Futura Carga Contaminante Puntual Generada a los Ríos .....	E-36
<b>CAPITULO III</b>		<b>MECANISMO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....</b>	<b>E-38</b>
3.1		Generación de Carga Contaminante por Escorrentía. ....	E-38
	3.1.1	General .....	E-38
	3.1.2	Modelado de la Cuenca. ....	E-38
3.2		Generación de Carga Contaminante Existente y Escorrentía... ..	E-39
	3.2.1	Generación de Carga Contaminante .....	E-39
	3.2.2	Carga Contaminante por Escorrentía.....	E-41
3.3		Generación de Carga Contaminante Futura y Escorrentía .....	E-47
	3.3.1	Generación de Carga Contaminante Futura .....	E-47
	3.3.2	Escorrentía de Carga Contaminante Futura.....	E-48
3.4		Simulación de la Calidad del Agua .....	E-51
	3.4.1	Metodología .....	E-51
	3.4.2	Calidad del Agua Simulada.....	E-54
	3.4.3	Calidad Simulada del Agua de la Laguna .....	E-55
<b>REFERENCES</b>		.....	<b>E-62</b>

## Lista de Tablas

Tabla E.1.1	Información Existente sobre Calidad del Agua .....	E-T1
Tabla E.1.2	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en la Laguna en Epoca de Lluvia .....	E-T5
Tabla E.1.3	Resultados de la Observación en Estaciones Principales de Ríos en Epoca de Lluvia .....	E-T7
Tabla E.1.4	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en Quebradas en Epoca de Lluvia.....	E-T10
Tabla E.1.5	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua del Río Ubaté	E-T11
Tabla E.1.6	Resultados de la Observación de la Calidad de los Sedimentos en Río/Laguna .....	E-T12
Tabla E.1.7	Resultados de la Observación Biológica en la Laguna en Epoca de Lluvia .....	E-T13
Tabla E.1.8	Resultados de la Prueba de Liberación en la Laguna.....	E-T16
Tabla E.1.9	Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca de Lluvia .....	E-T17
Tabla E.1.10	Resultados de la Prueba de Sedimentación en la Laguna en Epoca de Lluvia .....	E-T18
Tabla E.1.11	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua Residuales del Alcantarillado y los Industrias en Epoca de Lluvia .....	E-T19
Table E.1.12	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en la Laguna en Epoca Seca .....	E-T20
Table E.1.13	Resultados de la Observación en Estaciones Principales de Ríos/Nivel Freático en Epoca Seca .....	E-T21
Table E.1.14	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en Quebradas en Epoca Seca .....	E-T25
Table E.1.15	Resultados de la Observación Biológica de la Laguna en Epoca Seca	E-T26
Table E.1.16	Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca Seca .....	E-T29
Table E.1.17	Resultados de la Prueba de Sedimentación en la Laguna en Epoca Seca .....	E-T30
Table E.1.18	Resultados de la Observación de la Calidad del Agua Residuales del Alcantarillado y de Industrias en Epoca Seca.....	E-T31
Table E.1.19	Normas de Calidad de Aguas y de Aguas Residuales (Normas Nacionales) .....	E-T32
Table E.1.20	Normas de Calidad del Agua Superficial (Normas CAR) .....	E-T34
Tabla E.2.1	Sistema de Alcantarillado en el Area de Estudio .....	E-T35
Tabla E.2.2	Lista de Establecimientos en el Area de Estudio .....	E-T36
Tabla E.2.3	Generación de la Carga Contaminante Doméstica .....	E-T37
Tabla E.2.4	Carga de Generación Unitaria en el Area Jurisdiccional de la CAR .	E-T38
Tabla E.2.5	Calidad de Efluente en Mataderos Municipales.....	E-T39
Tabla E.2.6	Carga Contaminante del Efluente de Mataderos.....	E-T40
Tabla E.2.7	Carga Contaminante de Efluentes de Industrias Lácteas .....	E-T41
Tabla E.2.8	Influente del Sistema de Alcantarillado en el Area de Estudio.....	E-T43
Tabla E.2.9	Carga Contaminante del Sistema de Alcantarillado .....	E-T44

Tabla E.2.10	Efluente de Carga Contaminante Puntual que Fluye a los Ríos.....	E-T45
Table E.2.11	Generación Futura de la Carga Contaminante Doméstica .....	E-T46
Table E.2.12	Carga Contaminante Futura del Efluente de Mataderos .....	E-T47
Table E.2.13	Carga Contaminante Futura de Efluentes de Industrias Lácteas .....	E-T48
Table E.2.14 (1)	Influente Futuro del Sistema de Alcantarillado sin Proyecto.....	E-T50
Table E.2.14 (2)	Influente Futuro del Sistema de Alcantarillado con Proyecto .....	E-T51
Table E.2.15	Carga Contaminante Futura del Sistema de Alcantarillado .....	E-T52
Table E.2.16 (1)	Efluente Futuro de Carga Contaminante Puntual que Fluye a los Ríos sin Proyecto .....	E-T53
Table E.2.16 (2)	Efluente Futuro de Carga Contaminante Puntual que Fluye a los Ríos con Proyecto.....	E-T54
Tabla E 3.1	Información de Ganadería, Uso de la Tierra y Población Rural de Cada Sub-Cuenca .....	E-T55
Tabla E 3.2	Generación de Carga Contaminante Unitaria para Fuentes no Puntuales .....	E-T56
Tabla E 3.3	Carga Generada de Contaminante Existente.....	E-T57
Tabla E 3.4	Carga Escorrentía de Contaminante Existente en Epoca de Lluvia...	E-T58
Tabla E 3.5	Carga Escorrentía de Contaminante Existente en Epoca Seca.....	E-T59
Tabla E 3.6	Carga Generada de Contaminante Futura (Sin Proyecto).....	E-T60
Tabla E 3.7	Carga Generada de Contaminante Futura (Con Proyecto).....	E-T61
Tabla E 3.8	Carga Escorrentía de Contaminante Futura en Epoca de Lluvia (Sin Proyecto) .....	E-T62
Tabla E 3.9	Carga Escorrentía de Contaminante Futura en Epoca Seca (Sin Proyecto) .....	E-T63
Tabla E 3.10	Carga Escorrentía de Contaminante Futura en Epoca de Lluvia (Con Proyecto).....	E-T64
Tabla E 3.11	Carga Escorrentía de Contaminante Futura en Epoca Seca (Con Proyecto).....	E-T65

### **Lista de Figuras**

Fig. E.1.1	Localización del Muestreo de la Información Disponible .....	E-F1
Fig. E.1.2	Localización de Lugares de Muestreo Suplementarios de Calidad del Agua.....	E-F2
Fig. E.1.3	Curva de Calidad del Agua y Transparencia Vs Profundidad en Epoca de Lluvia.....	E-F3
Fig. E.1.4	Curva de Calidad del Agua y Transparencia Vs Profundidad en Epoca Seca .....	E-F4
Fig. E.1.5	Cambio Mensual de la Población de Fitoplancton en Lagos de Japón.....	E-F5
Fig. E.1.6	Clasificación de Calidad del Agua de la Sección del Río en el Area de Estudio .....	E-F6
Fig. E.2.1	Municipio en el Area del Estudio .....	E-F7
Fig. E.2.2	Relación de DBO a DQO, T-N y T-P en la Industria Lechera .....	E-F8
Fig. E.2.3	Relación de DBO a DQO, T-N y T-P en Alcantarillado.....	E-F9

Fig. E.3.1	Localizacion de la Cuenca Objetivo y de las Sub-cuenclas Divididas	E-10
Fig. E.3.2	Diagrama Esquemático para la Simulación de la Escorrentía de Carga de Polución y de la Calidad del Agua.....	E-F11
Fig. E.3.3	Generación de la Carga Contaminante de Cada Sub-Cuenca .....	E-F12
Fig. E.3.4	Proporción de Cada Fuente de Carga Contaminante en la Parte alta de la Laguna de Fúquene .....	E-F13
Fig. E.3.5	Escorrentía de Carga Contaminante de Cada Sub-Cuenca en Epoca de Lluvia.....	E-F14
Fig. E.3.6	Escorrentía de Carga Contaminante de Cada Sub-Cuenca en Epoca Seca .....	E-F15
Fig. E.3.7	Proporción de Cada Escorrentía de Carga Contaminante en el Parte alta de la Laguna Fúquene en Epoca de Lluvia.....	E-F16
Fig. E.3.8	Proporción de Cada Escorrentía de Carga Contaminante en el Parte alta de la Laguna Fúquene en Epoca Seca .....	E-F17
Fig. E.3.9	Proceso Metabolico en la Laguna de Fúquene.....	E-F18

**APENDICE E CALIDAD DEL AGUA Y MECANISMOS DE POLUCION**  
**CAPITULO I CALIDAD DEL AGUA EXISTENTE EN RÍOS Y LAGUNAS**

**1.1 Información Disponible de Calidad del Agua**

**1.1.1 Localización y Frecuencia de Muestreo**

La CAR ha analizado la calidad del agua de la Laguna y los ríos del área de estudio desde 1993 solamente sobre bases teóricas. Los análisis han sido hechos bajo la administración directa solo cuando se ha evidenciado calidad anormal del agua y el análisis ha sido solicitado por la gente del área afectada. Aparte de esto, la CAR confió a consultores locales el análisis de la calidad del agua una (1) vez en mayo de 1997. Sin embargo, la localización y puntos de muestreo no son suficientes y por lo tanto, la información existente disponible es limitada.

La localización y frecuencia de muestreo en el pasado se muestran abajo:

No.	Río	Localización	Frecuencia	Fecha de Muestreo
Río Ubaté				
1	Principal	Parte baja	4	Ago 96; Jul 97, Dic 98, Mar 99
2	Lenguazaque	Antes Prodeco	1	Ene 93
Otros Ríos Afluentes				
3	Q. Honda	Parte bajal	2	Dic. 98, Mar. 99
4	Q. Monroy	Parte bajal	1	Mayo 97
5	Q. Tagusa	Parte baja	1	Mayo 97
6	Q. Calaboza	Parte bajal	1	Mayo 97
7	Q. Cucunuba	Parte bajal	1	Mayo 97
8	Q. Malvinas	Parte baja	1	Mayo 97
Río Suárez				
9	Principal	Antes Compuerta Tolón	4	Dic. 93, Oct.96, Dic. 98, Mar. 99
10	Principal	Puente la Balsa	1	Dic. 93
11	Simijaca	Parte baja	1	Oct. 96
12	Susa	Parte baja	1	Oct. 96
Laguna Fúquene				
13		Cerca al Puerto	1	Dic. 96,
14		Cerca desembocadura río Ubaté	5	Dic. 96, May 97, Jul 97, Dic. 98, Mar. 99
15		Centro	3	Dic. 96, May 97, Jul 97
16		Isla del Santuario	3	Mayo 97, Dic. 98, Mar. 99
17		Cerca Salida río Suarez	5	Dic. 96, May 97, Jul 97, Dic. 98, , Mar. 99

Los puntos de muestreo citados se muestran en la Fig E.1.1

**1.1.2 Calidad del Agua en el Pasado**

Los parámetros de calidad del agua analizada es como sigue:

Temperatura del agua, conductividad eléctrica; pH; OD (oxígeno disuelto), DBO<sub>5</sub>, DQO, SS, metales pesados(Cd, Pd, Cr, Zn, Hg), NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N- Kjeldahl, N- Total, PO<sub>4</sub>, P-total, Fe-total, Mg, Dureza(CaCO<sub>3</sub>), Coliformes fecales.

Los datos de calidad del agua anteriores, (17) puntos de muestreo durante 1993-1997, se muestran en la Tabla E 1.1

Entre los 17 puntos anteriores, el Río Ubaté (Parte baja), el Río Suárez antes de las compuertas Tolón y la Laguna de Fúquene son los puntos clave para la evaluación de la calidad del agua en el área de estudio. El promedio de la calidad del agua de los 3 (tres) puntos clave en el pasado se muestran en la Tabla E.1.1. El promedio de calidad del agua de los principales parámetros se resume abajo:

Parámetro	Río Ubaté (Parte baja)	Río Suárez (Antes Tolón)	Laguna Fúquene
Temp. Agua(°C)	16.3	17.5	17.7
PH	7.1	6.7	7.2
OD (O <sub>2</sub> ) (mg/l)	4.1	3.9	6.4
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3.8	2.0	2.5
DQO (mg/l)	31.1	46.0	25.6
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.76	0.58	0.52
N-Total (mg/l)	3.11	3.68	1.98
P-Total (mg/l)	0.18	0.18	0.10
Fe-Total (mg/l)	1.45	2.73	0.75
Metales Pesados	N.D. o despreciable	N.D. o despreciable	N.D. o despreciable

Como se muestra en la tabla anterior, la calidad del agua está caracterizada como sigue:

- (1) La temperatura del agua es moderada y varía poco durante el año.
- (2) El hierro total es considerablemente alto.
- (3) La DQO también es alta
- (4) El NH<sub>4</sub> es muy alto. Se considera que esto es debido, principalmente, al agua de desecho del ganado.
- (5) La Laguna de Fúquene es considerada altamente eutrófica, juzgando que el N-Total y el P- Total exceden bastante el criterio común de eutrofización en Lagos (N-Total >0.2mg/l; P-total >0.02mg/l).

## 1.2 Observación Suplementaria de Calidad del Agua en Época de Lluvia

Las observaciones de la calidad del agua en ríos y lagunas, calidad del sedimento en ríos y lagunas, características biológicas en la Laguna, proporciones de transparencia /liberación/ producción/sedimentación en la laguna y la calidad del agua de desecho de las aguas residuales e industrias en época de lluvia fueron realizadas durante abril y mayo de 1999 como complemento de los datos existentes disponibles. Las localidades observadas, parámetros y frecuencia se describen a continuación.

### 1.2.1 Observación de Calidad del Agua

- (1) Observaciones de la Calidad del Agua en la Laguna

La calidad del agua en la Laguna se observó en cuatro (4) puntos para 34 parámetros de calidad. La observación fué hecha en tiempo seco y lluvioso una vez en cada uno. Los puntos observados son:

Sitio de Muestreo	Código No.
Cerca desembocadura Río Ubaté	QL-1
Cerca al Puerto	QL-2
Centro	QL-3
Cerca salida del Río Suárez	QL-4

Para la localización, ver Fig E.1.2

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Color, olor, conductividad eléctrica, turbidez, pH, oxígeno disuelto, temperatura	
Sustancias Orgánicas	DQO	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , P-total.	
Sólidos Suspendidos	SS, distribución de tamaño de partículas, SSV	
Substancias Tóxicos	Fenol, As, Cd, CN, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd, Zn, pesticidas (tres clases)	Día sin lluvia
Metales Generales	Fe, Mn	Día sin lluvia
Bacilo coliforme	Total, Fecal	Día sin lluvia

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E.1.2.

(2) Observación de Calidad del Agua en las Estaciones de los Ríos Principales.

La calidad del agua de los ríos en siete (7) estaciones principales se observó para 37 parámetros de calidad. La observación se hizo una (1) vez en tiempo seco y dos (2) veces en tiempo lluvioso.

Los puntos observados son los siguientes.

Río	Punto de Muestreo	Código No.
Río Hato	Descarga de Represa el Hato	QS-4
Río Ubaté	Antes Confluencia Río Lenguazaque (Puente Barcelona)	QR-1
Río Lenguazaque	Vereda Punta Grande (Puente La Balsa)	QR-2
Río Ubaté	Puente Colorado (Parte Final)	QR-3
Río Suárez	Antes Confluencia Río Simijaca	QR-4
Río Chiquinquirá	Aguas Arriba Municipio Chiquinquirá	QR-5
Río Suárez	Antes Compuertas Tolón	QR-6

Para localizaciones, ver la Fig E 1.2.

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Caudal, Color, Olor, Conductividad Eléctrica, Turbidez, pH, Oxígeno Disuelto*, Temperatura	* Día sin lluvia
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> *, NO <sub>3</sub> *, NO <sub>2</sub> *, P-total, PO <sub>4</sub> *	* Día sin lluvia
Sólidos Suspendidos	SS, Distribución de Tamaño de Partículas*, SSV	* Día sin lluvia
Substancias Tóxicas	Fenol, As, Cd, CN, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd, Zn, Pesticidas (tres clases)	Día sin lluvia
Metales Generales	Fe, Mn	Día sin lluvia
Bacilo Coliforme	Total, Fecal	Día sin lluvia

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E.1.3.

(3) Observaciones de Calidad del Agua en Estaciones Secundarias de Ríos

La calidad del agua de ríos en 10 estaciones secundarias se observó con 13 parámetros de calidad para analizar la polución no puntual en la carga de la corriente. Las observaciones fueron hechas, en tiempo lluvioso dos (2) veces.

Los puntos observados son los siguientes.

Río	Punto de Muestreo	Código No.
Río Leanguazaque	Parte Final	AD-1
Q. Obejeras	Parte Final	AD-2
Q. Mojica	Parte Final	AD-3
Río Suta	Parte Final	AD-4
Q. La Playa	La Malilla	AD-6
Río Fúquene	Chinzaque	AD-8
Q. Honda	Virgen Punta Peña	AD-9
Q. Miña	Ticha. Muñoz	AD-10
Río Ubaté	La Boyera	AD-11
Vallado Madre Norte	Vereda Taquila	QS-3

Para localización, ver Fig. E.1.2

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro
Generales	Descarga, Color, Olor, Conductividad eléctrica, Turbidez, pH, Temperatura
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO
Eutroficación	N-total, P-total
Sólidos Suspendidos	SS, SSV

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E 1.4

(4) Observación Continua de Calidad de Agua Río Ubaté

La calidad del agua del Río Ubaté en puente Colorado (parte final) fue continuamente observada durante una creciente fuerte para analizar la relación

existente entre la descarga del río y la carga máxima contaminada que entra a la laguna. Para localización ver la Fig. E.1.2

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro
Generales]	Descarga, *CE(conductividad eléctrica)
Sustancias Orgánicas	DQO
Eutroficación	N-total, P-total
Sólidos Suspendedos	SS, Distribución de Tamaño de Partículas,SSV

\*: La observación de la conductividad eléctrica se realizó con medición continua cada hora durante 1 mes a través de un instrumento de registro automático.

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E 1.5.

### 1.2.2 Observación de Calidad de Sedimentación

La calidad de sedimentación en el lecho de la Laguna fue observada en los mismos puntos de observación de calidad del agua. La calidad de sedimentación en los ríos, fue también observada en las estaciones principales de observación de calidad del agua (excluyendo la descarga de la represa El Hato). La observación fue hecha en tiempo seco. Los parámetros observados son 26 los cuales se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro
Generales	Color, Olor, pH
Sustancias Orgánicas	DQO
Eutroficación	N-total, P-total
Substancias Tóxicos	Fenol, As, Cd, CN, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Pesticidas (3 clases)
Metales Generales	Fe, Mn
Otros	Contenido de Humedad, Sulfuro, Ppotencial de Reproducción de Oxígeno, Distribución de Tamaño de Partícula, SSV

La calidad de sedimentación se observa en la Tabla E 1.6

### 1.2.3 Observación Biológica en la Laguna

La observación biológica se hizo en los mismos puntos de observación de calidad del agua de la laguna en tiempo seco. La observación incluye los siguientes muestreos/análisis

Muestreo/Análisis	Chlorofilal-a, Fitoplancton, Zooplancton, Bentos
-------------------	--

Los resultados observados se muestran en la Tabla E.1.7

### 1.2.4 Pruebas de Transparencia, Liberación, Producción y Sedimentación

#### (1) Prueba de Transparencia

La prueba de transparencia del agua de la Laguna se hizo en los mismos puntos de

observación de calidad del agua en día sin lluvia. Los resultados observados se muestran en la Fig. E 1.3

(2) Prueba de Liberación

La prueba de liberación de sustancias del lecho de la Laguna se hizo en el punto localizado cerca del puerto. Las sustancias analizadas son:

Sustancias Analizadas	DQO, N-total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , P-total, PO <sub>4</sub>
-----------------------	--

Los resultados observados se muestran en la Tabla E 1.8

(3) Prueba de Producción

La producción primaria de fitoplancton (absorción y liberación de oxígeno) se observó en los mismos puntos de observación de calidad del agua en la Laguna.

Los resultados observados se muestran en la tabla E 1.9 .

(4) Prueba de Sedimentación

La sedimentación de detritos (incluyendo partículas inorgánicas) fue observada en los mismos puntos de observación de calidad del agua en la laguna. Los parámetros analizados se muestran abajo:

Parámetros Analizados	SS, Distribución de Tamaño de Partículas, SSV
-----------------------	---

Los resultados observados se muestran en la tabla E 1.10.

### 1.2.5 Observación de Calidad de Aguas Residuales de Alcantarillado e Industriales

La calidad del aguas residuales e industriales fue observada en 13 puntos para 17 parámetros de calidad. La observación fue hecha una (1) vez en época seca. Los puntos de muestreo, actividades industriales y aguas de desecho en cuerpos receptores son los siguientes.

Municipio	Punto de Muestreo	Actividad	Cuerpo Receptor
Ubaté	Lácteos San Andrés	Procesamiento de Leche	Irrigación
Ubaté	Lácteos Ubaté	Procesamiento de Leche	Alcantarillado
Ubaté	Matedero Ubaté	Sacrificio Ganado	Alcantarillado
Ubaté	Parmalat	Enfriamiento de Leche	Alcantarillado
Ubaté	Doña Leche	Procesamiento de Leche	Río Ubaté
Ubaté	Aguas Residuales Ubaté después de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suta
Ubaté	Aguas Residuales Ubaté antes de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suta
Fúquene	Colfrance	Procesamiento de Leche	Irrigación
Simijaca	Alpina	Enfriamiento de Leche	Alcantarillado
Simijaca	Delay	Enfriamiento de Leche	Q. Capitolio
Simijaca	Matadero Simijaca	Sacrificio Ganado	Alcantarillado
Cucunubá	Aguas residuales Simijaca después de Tratamiento	Aguas Residuales	Q.Buida
Saboyá	Aguas residuales Saboyá después de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suárez

Los parámetros observados se muestran a continuación.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Descarga, Olor, Color, Conductividad Eléctrica, Turbidez, pH, Temperatura	
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , P-total, PO <sub>4</sub>	
Sólidos Suspendidos	SS	
Bacilo Coliforme	Total, Fecal	Solamente Sistema Aguas Residuales

La calidad del agua observada se muestra en la tabla E 1.11.

### 1.3 Observación Suplementaria de Calidad del Agua en Época Seca

Las observaciones de la calidad del agua de ríos, pozos, características biológicas de la Laguna, tasas de transparencia/producción/sedimentación de la Laguna y calidad de aguas residuales e industriales en época seca fueron realizadas durante julio a septiembre de 1999 para complementar la información existente. Los puntos de muestreo, parámetros de análisis y frecuencia se describen abajo.

#### 1.3.1 Calidad del Agua Observada

##### (1) Calidad del Agua Observada en la Laguna.

La calidad del agua observada en la Laguna fue en (4) estaciones para 37 parámetros de calidad. La observación se realizó en día sin lluvia (1) vez. La localización de las estaciones es la siguiente:

Estaciones	Código No.
Cerca desembocadura Río Ubaté	QL-1
Cerca al Puerto	QL-2
Centro	QL-3
Cerca salida del Río Suárez	QL-4

Para la localización, ver Fig E.1.2.

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Color, Olor, CE, Turbidez, pH, OD, Temperatura	
Sustancias Orgánicas	DQO(cr), DQO(Mn), COT, ácido Húmico	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , P-total, PO <sub>4</sub>	
Sólidos Suspendedos	SS, Distribución de Tamaño de Partícula, SSV	
Substancias Tóxicos	Fenol, As, Cd, CN, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd, Zn, Pesticidas (tres clases)	Día sin lluvia
Metales Generales	Fe, Mn	Día sin lluvia
Coliformes	Total, Fecales	Día sin lluvia

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E.1.12.

- (2) Calidad del Agua Observada en 2 Principales Estaciones de Ríos y del Agua Subterránea (pozos).

La calidad de aguas de ríos se observó en (10) estaciones principales de ríos y de pozos, y se observaron 39 parámetros de calidad. La observación fue hecha en días sin lluvia 2 veces.

Las estaciones observadas fueron las siguientes.

Río	Punto de Muestreo	Código No.
Río Hato	Descarga embalse el Hato	QS-4
Río Ubaté	Antes afluencia Río Lenguazaque (puente Barcelona)	QR-1
Río Lenguazaque	Vereda Punta Grande (Puente La Balsa)	QR-2
Río Ubate	Parte Final (puente colorado)	QR-3
Río Suárez	Antes Afluencia Río Simijaca	QR-4
Río Chiquinquirá	Aguas arriba Municipio Chiquinquirá	QR-5
Río Suárez	Antes compuertas Tolón	QR-6
Río Suárez	Después Efluente Alcantarillado Chiquinquirá	QR-7
Río Susa	Parte Final	QR-8
Río Simijaca	Parte Final	QR-9
Pozo 1	Albaiola II (Cuenca Río Ubaté)	QU-1
Pozo 2	Sugamuxi (Cuenca Río Suárez)	QU-2

Para localizaciones, ver la Fig E 1.2.

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Descarga, Color, Olor, CE, Turbidez, pH, OD*, Temperatura.	* Día sin lluvia
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO <sub>(Cr)</sub> , DQO <sub>(Mn)</sub> , COT, Acido Húmico	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> *, NO <sub>3</sub> *, NO <sub>2</sub> *, P-total, PO <sub>4</sub> *	* Día sin lluvia
Sólidos Suspendidos	SS, Distribución de Tamaño de Partículas*, SSV	* Día sin lluvia
Sustancias Tóxicas	Fenol, As, Cd, CN, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd, Zn, Pesticidas (tres clases)	Día sin lluvia
Metales Generales	Fe, Mn	Día sin lluvia
Coliforme	Total, Fecal	Día sin lluvia

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E.1.13.

(3) Calidad del Agua Observada en las Estaciones de Ríos Secundarios

La calidad del agua de ríos en 10 estaciones secundarios se observó para 13 parámetros de calidad para analizar la contaminación no puntual por escorrentía. La observación fue hecha con buen clima, 2 veces.

Los parámetros observados se muestran abajo:

Río	Punto de Muestreo	Código No.
Río Leanguazaque	Parte Final	AD-1
Q. Obejeras	Parte Final	AD-2
Q. Mojica	Parte Final	AD-3
Río Suta	Parte Final	AD-4
Q. La Playa	La Malilla	AD-6
Río Fúquene	Chinzaque	AD-8
Q. Honda	Virgen Punta Pena	AD-9
Q. Miña	Ticha. Muñoz	AD-10
Río Ubaté	La Boyera	AD-11
Vallado Madre Norte	Vereda Taquila	QS-3

Para localización, ver Fig. E.1.2

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro
Generales	Descarga, Color, Olor, CE, turbidez, pH, Temperatura
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO
Eutroficación	N-total, P-total
Sólidos Suspendidos	SS, SSV

La calidad del agua observada se muestra en la Tabla E 1.14.

(4) Calidad del Agua Observada de Efluente de Alcantarillado

La calidad del agua de río en 5 estaciones fue observada para 5 parámetros de calidad para conocer la influencia del efluente del alcantarillado. La observación fue hecha con buen clima (1) vez. Los puntos observados son los siguientes:

Río	Punto de Muestreo	Observaciones
Río Ubaté	Confluencia Río Suta	
Río Suta	ParteFinal	
Río Ubaté	Despues Confluencia Río Suta	
Río Ubaté	Antes Compuerta Cubio	
Río Suárez	Después Municipio Chiquinquirá	

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro
General	Descarga
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO
Eutroficación	N-total, P-total
Sustancia Reductora	H <sub>2</sub> S*

\*: Observada únicamente en el Río Suta

La calidad del agua observada se muestra en el capítulo I, Sub-sección 1.4.1

### 1.3.2 Observación Biológica en la Laguna

La observación biológica fue hecha en las mismas estaciones de la observación de calidad del agua en la laguna con buen clima. La observación incluye los siguientes muestreos/análisis.

Muestreo/Análisis	Chlorofila-a, Fitoplancton, Zooplancton, Bentos
-------------------	---

Los resultados observados se muestran en la Tabla E.1.15.

### 1.3.3 Pruebas de Transparencia, Producción y Sedimentación

#### (1) Prueba de Transparencia

La prueba de transparencia en el agua de la Laguna fue hecha en los mismos puntos que la observación de calidad del agua con buen clima.

Los resultados observados se muestran en la Fig.E.1.4

#### (2) Prueba de Producción

La producción primaria de fitoplancton (absorción y emisión de oxígeno) se observó en las mismas estaciones que la observación de calidad del agua en la laguna.

Los resultados observados se muestran en la tabla E 1.16.

#### (3) Prueba de Sedimentación

La sedimentación de detritos (incluyendo partículas inorgánicas) fue observada en las mismas estaciones de observación de calidad del agua en la laguna. Los parámetros analizados se muestran abajo:

Parámetros Analizados	SS, Distribución de Tamaño de Partículas, SSV
-----------------------	---

Los resultados observados se muestran en la tabla E 1.18.

### 1.3.4 Observación de Calidad de Aguas Residuales de Alcantarillado e Industriales

La calidad de aguas residuales de alcantarillado e industrias se observó en 13 estaciones para 17 parámetros de calidad. La observación fue hecha con buen clima 1 vez cada una. Los puntos de muestreo, actividad industrial y cuerpos receptores de las aguas residuales, son los siguientes:

Municipio	Punto de Muestreo	Actividad	Cuerpo Receptor
Ubaté	Lácteos San Andrés	Procesamiento de Leche	Irrigación
Ubaté	Lácteos Ubaté	Procesamiento de Leche	Alcantarillado
Ubaté	Matedero Ubaté	Sacrificio Ganado	Alcantarillado
Ubaté	Parmalat	Enfriamiento de Leche	Alcantarillado
Ubaté	Doña Leche	Procesamiento de Leche	Río Ubaté
Ubaté	Aguas residuales Ubaté después de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suta
Ubaté	Aguas residuales Ubaté antes de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suta
Fúquene	Colfrance	Procesamiento de Leche	Irrigación
Simijaca	Alpina	Enfriamiento de Leche	Alcantarillado
Simijaca	Delay	Enfriamiento de leche	Q. Capitolio
Simijaca	Matadero Simijaca	Sacrificio Ganado	Alcantarillado
Cucunubá	Aguas residuales Simijaca después de Tratamiento	Aguas Residuales	Q.Buida
Saboyá	Aguas Residuales Saboyá después de Tratamiento	Aguas Residuales	Río Suárez

Los parámetros observados se muestran abajo.

Clasificación	Parámetro	Observaciones
Generales	Descarga, Olor, Color, CE, Turbidez, pH, Temperatura	
Sustancias Orgánicas	DBO <sub>5</sub> , DQO	
Eutroficación	N-total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , P-total, PO <sub>4</sub>	
Sólidos Suspendidos	SS	
Coliformes	Total, Fecal	Solamente Sistema Aguas Residuales

La calidad del agua observada se muestra en la tabla E 1.18.

## 1.4 Evaluación de los Resultados de Observaciones Suplementarias

### 1.4.1 Calidad del Agua de los Ríos y la Laguna

#### (1) Promedio de Calidad del Agua

A continuación se resumen los promedios de la calidad del agua en las principales estaciones de los ríos (descarga, Represa el Hato, Puente Colorado en el Río Ubaté y Compuerta de Tolón en el Río Suárez) y en la Laguna de Fúquene (Promedio de 4 estaciones) durante la época lluviosa de 1999. Estos promedios pueden ser adicionalmente comparados con los estándares de la CAR para la calidad del agua cruda existente, las cuales se mencionan en las páginas E.16,17 y en la Tabla E.1.20.

Parámetro	Unidad	Epoca de Lluvia				Epoca Seca			
		Promedio Agua Laguna	Descarga Represa Hato	Río Ubaté Puente Colorado	Río Suárez Compuerta Tolón	Promedio Agua Laguna	Descarga Represa Hato	Río Ubaté Puente Colorado	Río Suárez Compuerta Tolón
pH	-	6.68	7.04	7.00	6.90	6.74	7.60	6.95	6.70
OD	mg/l	3.3	6.0	6.3	0.3	4.5	6.2	0.7	2.3
BOD <sub>5</sub> (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	-	2.5	3.5	1.5	-	1.0	6.2	2.3
COD (DQO)	mg/l	34.3	17.7	22.70	51.7	28.5	21.5	64.0	41.1
T-N	mg/l	2.10	1.12	2.18	2.44	1.55	3.25	6.9	2.5
T-P	mg/l	0.10	0.08	0.30	0.12	0.04	0.14	0.78	0.07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.88	0.77	0.32	1.24	0.54	0.43	2.34	0.53
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.25	0.16	0.32	0.33	0.04	0.25	0.40	0.25
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.007	0.001	0.001
Turbidity	UJT	20.0	39	43.8	117.3	4.6	7.1	5.7	31.0
Fe	mg/l	1.46	1.68	3.46	18.3	1.72	1.46	2.84	5.89
Total coli.	NMP	37 × 10 <sup>2</sup>	70	>24 × 10 <sup>6</sup>	15 × 10 <sup>2</sup>	29 × 10	<20 × 10 <sup>2</sup>	16 × 10 <sup>4</sup>	17 × 10 <sup>2</sup>
Fecal coli.	NMP	37 × 10 <sup>2</sup>	70	93 × 10 <sup>5</sup>	9 × 10 <sup>2</sup>	12 × 10	<30 × 10 <sup>2</sup>	11 × 10 <sup>4</sup>	16 × 10 <sup>2</sup>

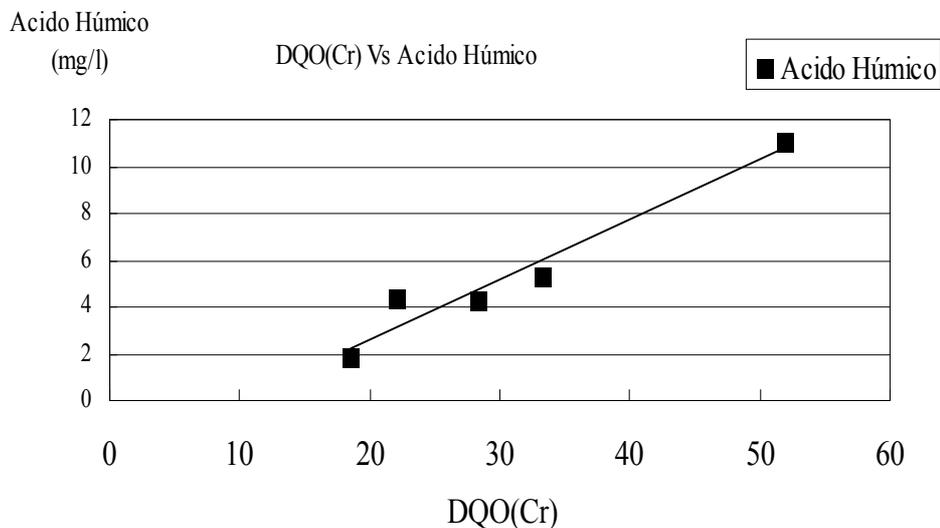
Como se muestra en la tabla anterior, la calidad del agua del río y la laguna está representada como sigue:

- El pH del agua tanto del río como de la laguna es normal en ambas épocas.
- Tanto las aguas del río como las de la Laguna son altamente turbias y la turbidez excede el estándar bruto de la CAR del agua cruda para uso potable, en época seca. De otra parte, la turbidez en época seca es más baja que en época lluviosa y el agua del río no excede el estándar CAR para agua potable en el Río Suárez.
- El OD (O<sub>2</sub>) en la Laguna y en la Compuerta de Tolón es bajo y no satisface el estándar de la CAR del agua cruda para uso potable. El OD en la Laguna, excluyendo el área central, ha disminuido a niveles de 2.8 mg/l. Se considera que este OD bajo, se debe principalmente a la descomposición de plantas acuáticas marchitas (especialmente Elodea) lo cual hace que el detrito consuma una gran cantidad de oxígeno disuelto en el agua. El OD en el río Ubaté-Puente Colorado es muy bajo; esto es debido a la afluencia del alcantarillado del municipio de Ubaté y al bajo caudal del río.
- La DBO<sub>5</sub> en el agua del río es comparativamente bajo. Sin embargo, la DQO

tanto en el agua del río como en la laguna es muy alto. Esto se debe probablemente, a un alto contenido de ácido húmico en el agua. La causa de este contenido alto de DQO se confirma con el análisis de resultados en época seca. Generalmente, el valor de la  $DQO_{(Cr)}$  es 2.5-2.8 veces el valor al de la  $DQO_{(Mn)}$ . La relación  $DQO_{(Cr)}-DQO_{(Mn)}$  es casi de 5-6 veces, debido a la presencia de compuestos orgánicos refractarios. De otro lado, el COT y ácido húmico se encuentran en alta concentración. Estos datos indican que el alto valor de  $DQO_{(Cr)}$  es debido al contenido de altas concentraciones de ácido húmico

El ácido húmico no es una sustancia tóxica y no es necesario tenerlo en cuenta con respecto al uso del agua del Río Suárez.

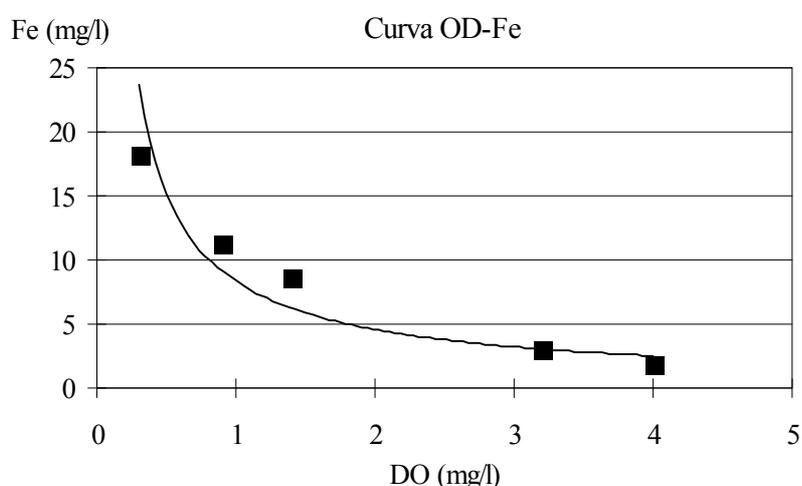
Río	Punto	COD (DQO) (mg/l)	Acido Húmico (mg/l)
Embalse el Hato	Descarga Embalse	22.0	4.4
Río Ubaté	Aguas abajo Municipio Ubaté	15.0	7.0
Río Lenguaque	Vereda Punta Gande	28.3	4.3
Río Ubaté	Pte Colorado	33.2	6.3
Río Suárez	Puente la Balsa	50.0	3.3
Río Chiquinquirá	Aguas abajo Municipio Chiquinquirá	18.5	1.9
Río Suárez	Compuerta Tolón	51.8	11.1



- (e) La concentración de hierro tanto en el agua del río como de la Laguna también es alta. Se considera que esto se debe a que la geología en el Area de estudio contiene un alto grado de hierro. Esto puede ser demostrado por el hecho que el agua subterránea en el área de estudio muestra una alta concentración de Hierro como se muestra abajo.

No.	Localización	Nombre del Pozo	Fe Promedio (mg/l)
QU-1	Cerca Colorado	Albaida II (Pozo No.4)	94.0
QU-2	Saboyá	Sugamuxi (Pozo No.19)	66.9

El hierro en los ríos Ubaté, Lenguaque, Simijaca y Chiquinquirá muestra, comparativamente, una pequeña variación de 0.59-3.46 mg/l (promedio:1.99mg/l). Esto es debido a los altos contenidos de OD (promedio:5.1mg/l) en los ríos. Sin embargo, en Fe en el Río Suárez (salida de la laguna-compuertas Tolón) varía en un rango de 1.75mg/l a 18.30mg/l (promedio:7.50mg/l). El valor de Fe indica un repentino incremento acorde con la disminución del OD como se muestra en la gráfica



Esto es debido a que los sedimentos en el río están bajo una condición anaeróbica.

- (f) Se han observado altos contenidos de  $\text{NH}_4$  y Coliformes tanto en el agua del río como en el de la Laguna. En las dos épocas se considera que esto se debe principalmente a la gran cantidad del agua de desecho de ganadería, en el área de Estudio.
- (g) El N-total y el P-total en el agua exceden ampliamente los criterios ordinarios de eutroficación ( $\text{T-N} > 0.2 \text{ mg/l}$ ,  $\text{T-P} > 0.02 \text{ mg/l}$ ) a pesar de la época. Especialmente en época seca, N-total y P-total en el río se incrementan grandemente en el Río Ubaté-Puente Colorado.
- (h) El N-total, N-amonio, y P-total en aguas subterráneas, están en altas concentraciones en la sub-cuenca del río Ubaté. Este promedio de datos del análisis de calidad del agua se resume a continuación.

Parámetro	Unidad	Sub-cuenca Río Ubaté	Sub-cuenca Río Suárez
		Albaida II	Sugamuxi
PH	-	6.4	6.9
OD	mg/l	0.0	1.7
DBO <sub>5</sub>	mg/l	23.7	1.6
DQO	mg/l	260.0	44.0
N-total	mg/l	36.1	2.9
N-amónico	mg/l	29.8	2.2
N-NO <sub>3</sub>	mg/l	0.5	0.2
N-NO <sub>2</sub>	mg/l	ND	ND
P-total	mg/l	3.0	0.4

(2) Problemas Específicos de Calidad del Agua.

- (a) Las aguas residuales de los sistemas de alcantarillado de los municipios de Ubaté y Chiquinquirá afectan la calidad del agua, en las secciones de río aguas abajo, en tiempo de sequía. La calidad del agua observada en tiempo de sequía se resume a continuación. El agua en la sección de río inmediatamente después del efluente del alcantarillado de los municipios de Ubaté y Chiquinquirá es muy contaminado con mal olor y color negro, emitiendo adicionalmente sustancias tóxicas como H<sub>2</sub>S.

Estación	Q (m <sup>3</sup> /s)	OD (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	H <sub>2</sub> S (mg/l)
Río Ubaté antes Confluencia Río Suta	0.47	6.3	2.0	5.8	
Río Suta después Efluente Alcantarillado Ubaté	0.08	0.9	183.0	403.0	3.00
Río Ubaté después Confluencia Río Suta	0.55	5.3	24.1	44.1	
Río Ubaté después Confluencia Río Lenguazaque		4.5	3.1	24.5	
Río Suárez después Efluente Alcantarillado Chiquinquirá	0.68		137.0	399.0	

- (b) La descomposición de las plantas acuáticas marchitas y detritos consumen gran cantidad de oxígeno en el agua de la Laguna, haciendo el agua anaeróbica. Actualmente una amplia área de la Laguna está bajo condiciones anaeróbicas. En tales áreas, el agua de la Laguna es de color negro emitiendo altas concentraciones de sustancia tóxica como H<sub>2</sub>S como se muestra abajo.

Estación	Superficie Laguna		Fondo Laguna	
	OD (mg/l)	H <sub>2</sub> S (mg/l)	OD (mg/l)	H <sub>2</sub> S (mg/l)
St-1	0.0	1.20		
St-2	0.4	0.40	0.0	0.50
Cerca Salida Río Suárez	1.9	0.01	0.0	2.60

(3) Relación Entre la Calidad de Agua y Profundidad del Agua en la Laguna.

La relación entre la calidad y la profundidad en la Laguna de Fúquene se resume a continuación.

- (a) La temperatura del agua de la Laguna es casi constante 17 sin importar su profundidad y época.

- (b) En época seca, la turbidez del agua de la Laguna es de 20mg/l sin importar la profundidad del agua, excepto cerca de la desembocadura del Río Ubaté. La superficie del agua cerca de la desembocadura del Río Ubaté tiene una turbidez de 60 mg/l. Sin embargo, disminuye a menos de 30 mg/l a una profundidad de 2.0 m.
- (c) La transparencia del agua de la Laguna disminuye a una tasa alta a medida que aumenta la profundidad. La tasa de iluminación relativa disminuye a 1.0% de la superficie a aproximadamente 1.0 m de profundidad. Sin embargo la transparencia del agua de la Laguna en época seca fue relativamente diferente de la época lluviosa disminuyendo en una alta proporción acorde con el incremento de la profundidad. La tasa de iluminación relativa disminuye a 1.0
- (d) El OD (O<sub>2</sub>) cerca del Puerto y en el Centro es constante en 4-5 mg/l, sin importar la profundidad del agua. Sin embargo, cerca de la desembocadura del Río Ubaté y de la desembocadura del Río Suárez, disminuye repentinamente de acuerdo con el incremento en la profundidad del agua y llega casi a cero a una profundidad de 2.0m.
- (e) Se compararon los valores del OD (O<sub>2</sub>) durante el día y la noche, en un lugar cerca del Puerto. Durante el día el OD fue constante sin importar la profundidad del agua. Por otro lado el OD disminuyó durante la noche a una tasa alta, de acuerdo con el incremento en la profundidad del agua y llegó a cero a 2.5 m de profundidad. Es probable que esto se deba a los efectos de la respiración de la Elodea durante la noche.

Para lo anterior ver la Fig. E.1.3 y La Fig.E.1.4.

#### 1.4.2 Calidad del Sedimento

La calidad del sedimento tanto en el lecho del río como de la Laguna en las estaciones de ríos principales (Río Ubaté en Puente Colorado y Río Suárez en la Compuerta de Tolón) y la laguna (promedio de 4 lugares) se resume a continuación.

Parámetro	Unidad	Promedio Sedim. Laguna	Río Ubaté Pte. Colorado	Río Suárez Comp. Tolón
Color		Negro/ Gris Oscuro	Café Oscuro	Gris Oscuro
DQO	mg/g peso seco	87.1	208.2	99.4
T-N total	mg/g peso seco	4.60	1.01	3.80
T-P total	mg/g peso seco	0.148	0.454	0.037
Pérdida Encendido	%	16.4	45.2	17.8
Sulfuro	Mg/g peso seco	0.98	0.84	1.24
ORP*	MV	-132	-95	-142

\*ORP Potencial de Reducción - Oxidación

- (1) La pérdida por ignición de los sedimentos tanto del río como de la Laguna, es mayor del 15%. Esto significa que los sedimentos poseen un alto contenido de sustancias orgánicas. Esto también está confirmado por los altos contenidos de DQO, N-total, y P-total en los sedimentos.
- (2) El Potencial de Reducción - Oxidación (ORP) de los sedimentos del río y la Laguna son bajos entre -95 y -100mV. Esto indica una alta condición anaeróbica de los

sedimentos. Los sedimentos contienen mucho sulfuro (H<sub>2</sub>S) y tienen un color negro o gris oscuro.

- (3) No se detectan, dentro de los (9) metales pesados mayores (As,Cd,CN, Cr,Cu,Hg,Ni,Pb,Zn) el Cd, CN, Cr, ni el Hg en los sedimentos del río y la Laguna, mientras se identifica un cierto nivel de concentración de As, Cu, Ni, Pb, y Zn. Sin embargo, este nivel de concentración es igual de bajo al de los suelos ordinarios, sin causar problemas sobre las condiciones del agua.
- (4) No se detectaron pesticidas ni en los sedimentos del río ni en los de la Laguna.

### 1.4.3 Pláncton y Bentos

#### (1) Pláncton

- (a) El fitoplancton existente en la Laguna cuenta con 32 especies en época seca y 28 especies en época de lluvia con una densidad de población promedio (número de células) de 6,525 células/ml en época de lluvia y 4290 células/ml en época seca. Cada especie y promedio de población es muy similar a pesar de las épocas. El promedio de concentración de clorofilas se estima en 0.75mg/m<sup>3</sup> en época de lluvia y 1.08mg/m<sup>3</sup> en época seca. Se calcula que la concentración promedio de Clorofila-a sea de 0.75 mg/m<sup>3</sup>. La densidad de población y la concentración de Clorofila-a en las respectivas estaciones se muestra a continuación.

Estación de Observación	Época Lluviosa		Época Seca	
	Densidad de Población (células/ml)	Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	Densidad de Población (células/ml)	Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )
QL 1	3,470	0.31	2,110	0.41
QL 2	1,825	0.07	2,175	0.31
QL 3	11,025	0.30	1,650	0.26
QL 4	9,775	2.30	11,225	3.35
Promedio	6,525	0.75	4,290	1.08

- (b) La población de zooplancton existente es muy pequeña en las dos épocas. Cuenta solo con (4) especies con una densidad de población promedio de 4 células/ml en época lluviosa y solo (3) especies con una densidad de población promedio de 0.01 células/ml en época seca.
- (c) La población de fitoplancton y la concentración de Clorofila-a en la Laguna de Fúquene se compara con aquellas de los lagos eutróficos típicos de Japón como se muestra a continuación. La población en la Laguna de Fúquene es muy poca comparada con las lagunas de Japón aunque la Laguna de Fúquene contiene más nutrientes. Se considera que esto se debe a que la temperatura del agua de la Laguna de Fúquene permanece alrededor de los 17°C a través de todo el año y nunca supera los 20°C.

Laguna	Núm. de Células Fitoplancton	Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	Temperatura del Agua (°C)	Promedio T-N (mg/l)	Promedio T-P (mg/l)
Fúquene	6525	0.75	16.6	2.10	0.10
Sur Biwa En Japón	650-79,000	3.6-30.3	5.0-30.2	0.40	0.02
Kasumigaura En Japón	10,000-270,000	56-110	4.5-30.2	0.86	0.08

El cambio mensual de fitoplancton en las lagunas Sur Biwa y Kasumigaura en Japón se muestra en la Fig. E.1.5. Tal como se muestra en esta figura, la temperatura tibia del agua causa un incremento explosivo de la población cuando esta excede los 20°C en el verano y regresa a su nivel de población original, cuando la temperatura del agua baja durante el invierno.

(2) Bentos

En las dos épocas no se identificaron Bentos en los sedimentos de la Laguna cuando aún cuando la superficie del lecho está bajo una condición anaeróbica. Esta condición anaeróbica puede ser causada por la descomposición de plantas acuáticas y detritos depositados en el lecho de la Laguna. Generalmente las lagunas limpias contienen oxígeno en la capa superficial del lecho donde viven los mariscos y otras especies de bentos.

#### 1.4.4 Tasa de Sedimentación, Liberación y Producción

(1) Tasa de Sedimentación de Partículas

La tasa de sedimentación de Partículas en la Laguna se considera especialmente grande cerca de la desembocadura del Río Ubaté (estación QL-1). Sin embargo la estación QL-1 no pudo ser observada durante la primera y segunda visita de campo tampoco la estación QL-2 (cerca al puerto) en época seca. La tasa promedio de sedimentación en las estaciones restantes en la laguna se calcula enseguida. Las sustancias orgánicas llegan al el 34% del total de la tasa de sedimentación.

Parámetro	Época Lluviosa	Época Seca
SS (g/m <sup>2</sup> /día)	2.32	1.09
Tasa de sustancias orgánicas (%)	34	22

(2) Tasa de Liberación de DQO, T-N y T-P

Los elementos químicos depositados en el lecho de la Laguna se disuelven nuevamente en el agua. Se observó la tasa de liberación de DQO, T-N y T-P del lecho de la laguna, en la estación (QL-2). A partir de los resultados de esta observación, las tasas de liberación de DQO, T-N y T-P en la Laguna se calcula como sigue:

Parámetro	Tasa de Liberación
DQO	900 mg/m <sup>3</sup> /d
N-total	60 mg/m <sup>3</sup> /d
P-total	0.55 mg/m <sup>3</sup> /d

### (3) Tasa de Producción de Fitoplancton

Se calcularon las tasas de producción de fitoplancton en las 2 épocas mediante pruebas de campo en las (4) estaciones de la Laguna como se muestra a continuación.

Estación de Observación	Epoca de Lluvia	Producción Diaria (Cg/m <sup>2</sup> /d)		Promedio
		Epoca Seca		
QL-1	3.16	2.35		2.76
QL-2	2.73	1.04		1.89
QL-3	0.95	2.80		1.88
QL-4	3.42	1.56		2.49
Promedio	2.57	1.94		2.23

### 1.4.5 Calidad del Agua Residual

Se observó la calidad del agua residual y la carga contaminante en plantas procesadoras de lácteos representativas (7 plantas), mataderos (2 mataderos) y sistemas de alcantarillado (4 sistemas), en el Area de Estudio. A continuación se resume la carga contaminante promedio en las dos épocas de las industrias, mataderos y sistemas de alcantarillado.

Item	Parámetros	Unidad	Planta de Leche	Matadero	Alcantarillado **
Calidad del Efluente del Agua residual.	DBO <sub>5</sub>	mg/l	522.7	402.8	49.3
	DQO	mg/l	943.9	647.0	116.3
	T-N	mg/l	44.4	61.4	20.2
	T-P	mg/l	22.0	7.1	2.5
Carga Contaminante del Efluente	DBO <sub>5</sub>	kg/d	8.8	3.7	175.3
	DQO	kg/d	16.4	8.0	427.9
	T-N	kg/d	0.7	0.6	82.7
	T-P	kg/d	0.4	0.1	10.9

\*.Excluye los datos observados en Colfrance cuya producción es diferente de las otras.

\*\*Excluye la información observada del sistema de tratamiento del alcantarillado de Ubaté en época seca mientras la planta estuvo parada. La carga contaminante del efluente se calculó únicamente con datos de la época lluviosa

## 1.5 Estándares de Calidad para Aguas Superficiales y Aguas Residuales

### 1.5.1 Estándares Nacionales

El gobierno de Colombia ha estipulado los estándares nacionales de calidad del agua superficial (concentraciones permisibles de calidad para uso doméstico, agrícola pecuario y recreacional) y aguas residuales (concentraciones permisibles del agua de desecho a ríos y alcantarillado) a través del decreto 1594/84. Los estándares nacionales proporcionan los valores mínimos a seguir en todo el territorio nacional. Estos se muestran en la Tabla E.1.19.

### 1.5.2 Estándares CAR

La CAR estableció los estándares de las aguas superficiales y residuales a ser aplicados en su área de Jurisdicción a través del acuerdo 58/87, basado en el estándar nacional. Estos se muestran en la Tabla E.1.20. adicionalmente la CAR ha categorizado la calidad del agua del cuerpo receptor en (4) clases A,B,C y D en concordancia con el nivel de uso del agua de los ríos, y clasifica los ríos bajo su jurisdicción. El objetivo de calidad del agua para cada clase se muestra enseguida. Las secciones de ríos en el área de estudio se clasifican como se muestra en la Fig E.1.6.

No.	Parámetro	Unidad	Concentración Permisible (mg/l)				Observación
			Clase-A	Clase-B	Clase-C	Clase-D	
1	PH	(-)	6.5-8.5	5.0-9.0	4.5-9.0	4.5-9.0	
2	OD	O <sub>2</sub> mg/l	6.0	5.0	2.0	-	
3	BOD <sub>5</sub> (OBO <sub>5</sub> )	O <sub>2</sub> mg/l	5.0	10.0	30.0	100.0	
4	Cobalt	Co mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	
5	Cianuro total	CN mg/l	0.2	-	-	-	
6	Molibdeno	Mo mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	
7	Vanadio	V mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	
8	Boro	B mg/l	0.3-4.0	0.3-4.0	0.3-4.0	0.3-4.0	
9	Fluoruro	F mg/l	1.0	1.0	1.0	1.0	
10	Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH mg/l	0.002	-	-	-	
11	Difenil	mg/l	0.0001	0.0001	-	-	
12	Clorofenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OHClmg/l	0.5	0.5	-	-	
13	Sulfuro hidrógeno	H <sub>2</sub> S mg/l	0.002	0.002	-	-	
14	Litio	Li mg/l	2.5	2.5	2.5	2.5	
15	Aluminio	Al mg/l	5.0	5.0	5.0	5.0	
16	Magecio	Mg mg/l	0.2	-	-	-	
17	Nitrato	NO <sub>3</sub> -N mg/l	10.0	-	-	-	
18	Nitrito	NO <sub>2</sub> -N mg/l	1.0	10.0	10	-	
19	Nitrato + Nitrito	N mg/l	-	100	100	-	
20	Cloruro	Cl mg/l	250.0	-	-	-	
21	Color	Real Color	75	-	-	-	
22	Sólidos totales	mg/l	500.0	500.0	1,000	-	
23	Turbidez	UJT	2.0	-	-	-	
24	Coliformes total	NMP	5,000	5,000	10,000	-	
25	Coliforme total	NMP	1,000	1,000	-	-	

Sin embargo, otros metales pesados (Pb, Hg, Cr, As, Cd, Se) y compuestos orgánicos tóxicos (compuestos orgánicos de mercurio, tricloroetileno etc) no están incluidos en la tabla anterior porque estos parámetros están regulados como metodología para toxicológica.

## CAPITULO II GENERACION EXISTENTE DE CARGA CONTAMINANTE

### 2.1 Sistemas de Alcantarillado Existentes en el Area de Estudio

#### 2.1.1 Inventario del Sistema de Alcantarillado

El Area de Estudio cubre total o parcialmente 17 municipios, a saber: Carmen de Carupa, Ubaté, Tausa, Sutatausa, Suesca, Villapinzón, Lenguazaque, Guachetá, San Miguel de Sema, Ráquira, Fúquene, Susa, Simijaca, Caldas, Chiquinquirá, y Saboyá, según se muestra en la Fig. E.2.1.

De estos municipios, los centros urbanos de 14, excluyendo Suesca, Villapinzón y Ráquira están localizados en el Area de Estudio y poseen sistema de alcantarillado. El inventario de los sistemas de alcantarillado existentes en estos municipios, en el Area de Estudio, se preparó mediante encuestas y entrevistas (realizadas en abril de 1999) con el personal relacionado de cada municipio y los datos disponibles en la CAR. Los resultados se muestran en la Tabla E.2.1

##### (1) Carmen de Carupa

La población del área urbana de Carmen de Carupa es de 1.320 (305 viviendas); y su área urbana no existen industrias. El sistema de alcantarillado, que posee sistema de recolección combinado, está localizado en el área urbana, recibe aguas residuales de 1.300 personas (300 viviendas) y del matadero. Descarga sus aguas en la Quebrada Suchinica, sin tratamiento. Las cinco (5) viviendas restantes de 20 personas tienen sus propios pozos sépticos. El municipio de Carmen de Carupa no tiene datos de la longitud total de la tubería del sistema de alcantarillado, pero los diámetros del sistema son 30.5 cm (max.) y 15.2 cm (mín.). No se recolecta tarifa de alcantarillado.

##### (2) Ubaté

En el área urbana del municipio de Ubaté viven 16.750 personas en 3.350 viviendas. El alcantarillado es un sistema combinado de recolección que cubre a todos los habitantes del área urbana y también atiende 88 establecimientos industriales. La longitud de la tubería es de 36 Km. en total y su diámetro es 61.0 cm. máximo y 20.3 cm. mínimo.

La planta de tratamiento, se encuentra ubicada en un área adyacente al Río Suta y se construyó en 1995. Las aguas residuales de las viviendas y los establecimientos industriales se tratan mediante un proceso anaeróbico (método Imhoff - R.A.P. - ) y descargan al Río Suta. La población diseñada a la que debe servir es de 18.000 personas. La concentración de la descarga proyectada y la DBO de la planta de tratamiento son 45 L/s y 290 mg/L, respectivamente. Sin embargo, debido al influjo de las aguas residuales de la industria lechera, que excede las condiciones proyectadas, la planta de tratamiento trabaja en gran medida bajo condiciones de sobrecarga.

La tarifa de desechos de Ubaté se recolecta con base en el volumen de uso del agua; la tarifa por unidad es diferente para las viviendas (Col.\$ 42.58 /m<sup>3</sup>) y las fábricas (Col.\$ 64.11 /m<sup>3</sup>). La carga promedio por hogar es Col.\$ 1.700/mes.

La siguiente tabla muestra resultados de la observación de la calidad promedio del agua en 1998 (sep.22, oct.30 y nov. 20) y en 1999 (feb. 04 y feb. 18).

Año	Ubicación	Caudal (l/s)	PH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO <sub>(Cr)</sub> (mg/l)	SS (mg/l)	Colifor-mes Totales (NMP/100ml)	Colifor-mes Fecales (NMP/100ml)
1998	Influente	42.7	6.8	285	645	257	11 x 10 <sup>8</sup>	24 x 10 <sup>7</sup>
	Efluente	39.7	6.7	107	241	88	11 x 10 <sup>7</sup>	93 x 10 <sup>5</sup>
1999	Influente	54.8	6.9	776	1,018	282	46 x 10 <sup>7</sup>	46 x 10 <sup>7</sup>
	Efluente	49.5	7.3	122	565	103	75 x 10 <sup>6</sup>	31 x 10 <sup>5</sup>
Prom.	Influente	47.5	6.8	481	7,942	267	11 x 10 <sup>8</sup>	46 x 10 <sup>7</sup>
	Efluente	43.6	7.0	113	370.	94	11 x 10 <sup>7</sup>	93 x 10 <sup>5</sup>

(3) Tausa

El área urbana de Tausa es 10 ha, donde viven 955 personas de 191 familias; en esta área no hay industrias. Tausa tiene sistema de alcantarillado en su área urbana, con un diámetro que oscila entre 40.6 cm y 20.3 cm. El sistema de alcantarillado de Tausa recibe aguas residuales de 955 personas y las descarga en el Río Suta, sin tratamiento. En Tausa, se recogen 400 Kg/mes de desechos.

(4) Sutatausa

El alcantarillado, con un sistema combinado de recolección, del área urbana de Sutatausa recibe aguas residuales de 582 personas (155 viviendas), pero no recibe agua residual industrial. La longitud total de la tubería del sistema es 3.5 km. El diámetro máximo es 25.4 cm, mientras que el diámetro mínimo es 15.2 cm. El agua residual recogida se descarga al Río Suta sin tratamiento. La tarifa de desechos es Col.\$900 /mes.

(5) Cucunubá

El alcantarillado, con un sistema combinado de recolección, está instalado en el área urbana del municipio de Cucunubá y sirve a una población de 1.153 personas (310 viviendas); en el área servida no existen industrias. La longitud total de la tubería del sistema es 13.5 km. El diámetro máximo es 25.4 cm, mientras que el diámetro mínimo es 15.2 cm. Los estanques de estabilización para tratar el agua residual de las viviendas se terminaron en 1992 y descargan su efluente en el Río San Isidro. En el momento no se recoge tarifa de las viviendas.

(6) Lenguazaque

El sistema de alcantarillado cubre un área urbana de 49 km<sup>2</sup> con una tubería cuya longitud es 5.1 Km. (diámetro máximo 25.4 cm y diámetro mínimo 20.3 cm). El sistema de recolección es separado y la población servida es de 1.800 personas (410 viviendas). El agua doméstica descarga al Río Lenguazaque después de tratarse en una planta de tratamiento de lodos activados. Esta planta se construyó en 1998, financiada con 2780 millones de pesos. El sistema no recibe aguas residuales industriales. En Lenguazaque no se recolecta tarifa de desechos de las viviendas conectadas al sistema de alcantarillado.

(7) Guachetá

El área urbana de Guachetá es 43 ha, donde viven 3.366 personas de 625 familias; en esta área hay cinco (5) industrias lácteas. Guachetá tiene sistema combinado de alcantarillado con longitud de tubería de 6.0 Km. El diámetro varía de 61.0 cm a 20.3 cm. El sistema de alcantarillado de Guachetá recibe aguas residuales de 3.366 personas y del matadero. Descarga en la Quebrada Gualacia sin tratamiento. En Guachetá se recoge actualmente una tarifa de desechos de Col.\$ 450/mes/ vivienda.

(8) San Miguel de Sema

El sistema de alcantarillado instalado en el área urbana de San Miguel de Sema recibe aguas residuales de aproximadamente 500 personas (116 viviendas) y una (1) fábrica de lácteos. La longitud total de la tubería es aproximadamente 2.8 Km, con un diámetro máximo de 25.4 cm y un diámetro mínimo de 20.3 cm. En 1994 se terminó el estanque de estabilización para tratar el agua residual. El efluente se descarga en la Quebrada Santa Ana. La tarifa de desechos es Col.\$ 240/mes, por cada vivienda y fábrica de lácteos.

La siguiente tabla tabula los resultados de la observación realizada en 1998 sobre la calidad del agua de la Planta de Tratamiento de San Miguel de Sema (sep. 02, sep. 30, nov.05 y nov.26), y en 1999 (ene.26 y feb.09).

Año	Ubicación	Caudal (l/s)	PH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO <sub>(Cr)</sub> (mg/l)	SS (mg/l)	Coliformes (NMP/100ml)	
							Totales	Fecales
1998	Influyente	2.47	7.3	970	1,985	706	11 x 10 <sup>9</sup>	24 x 10 <sup>8</sup>
	Efluente	3.10	7.2	89	249	125	15 x 10 <sup>6</sup>	43 x 10 <sup>6</sup>
1999	Influyente	1.35	6.6	89	245	45	24 x 10 <sup>6</sup>	36 x 10 <sup>5</sup>
	Efluente	1.40	7.0	47	160	57	93 x 10 <sup>6</sup>	43 x 10 <sup>6</sup>
Prom	Influyente	2.10	7.0	676	1,404	486	11 x 10 <sup>9</sup>	24 x 10 <sup>8</sup>
	Efluente	2.53	7.1	75	219	103	93 x 10 <sup>6</sup>	43 x 10 <sup>6</sup>

(9) Fúquene

En este municipio hay dos (2) sistemas de alcantarillado, con sistemas separados de recolección; uno en el área urbana de Capellanía y otro en el área urbana de Fúquene. El sistema de Capellanía sirve a una población de 500 personas (150 viviendas). La longitud total de la tubería es 4.0 Km., con un diámetro máximo de 30.5 cm y un diámetro mínimo de 20.3 cm. El sistema de Capellanía descarga el agua residual en la Quebrada Bautista, sin tratamiento. El sistema de Fúquene recibe aguas residuales de 300 personas (45 viviendas). La longitud total de la tubería es aproximadamente 1.5Km, con un diámetro máximo de 30.5cm y un diámetro mínimo de 20.3 cm. El agua residual recogida del sistema de Fúquene se utiliza para riego de pastizales. En ninguno de los dos sistemas recoge desechos industriales.

La siguiente tabla muestra los resultados de la observación de calidad del agua de Fúquene y Capellanía realizados en 1977.2.3. y 2.4, respectivamente.

Ubicación	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	Aceites y (mg/l)	TS (mg/l)	TSS (mg/l)	VSS (mg/l)	Coliformes (NMP/100ml)	
							Total	Fecal
Fúquene	255	397	93.1	331	124	100	>24x10 <sup>6</sup>	>24x10 <sup>6</sup>
Capellanía	348	607	128.4	671	165	135	>24x10 <sup>6</sup>	>24x10 <sup>6</sup>

(10) Susa

El sistema de alcantarillado del área urbana de Susa recibe aguas residuales de 400 viviendas y una fábrica. El sistema de recolección es separado. La longitud total de la tubería es 2.5 Km, con diámetro máximo de 40.6 cm y diámetro mínimo de 20.3 cm. El agua residual recogida se descarga sin tratamiento en el Río Susa. Se recogen Col.\$800. por vivienda cada dos (2) meses. En el área urbana de Susa, 100 viviendas tienen pozos sépticos para tratar sus aguas residuales.

(11) Simijaca

El sistema de alcantarillado de Simijaca tiene un sistema combinado de recolección. Cubre un área urbana de 62 ha y recibe aguas residuales de 4.500 personas (1.340 viviendas) y cuatro (4) fábricas de lácteos. La longitud total de la tubería es 19 Km., con un diámetro máximo de 40.6 cm y un diámetro mínimo de 20.3 cm. El agua residual se descarga sin tratamiento al Río Simijaca. La calidad del agua residual se muestra a continuación.

PH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO <sub>(Cr)</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	SS (mg/l)	Aceites y Grasas (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100ml)
6.9	210	320	522	172	49	>24 x 10 <sup>6</sup>

La tarifa del área residencial es diferente de la industrial. La tarifa promedio de cada área es 275/mes y Col.\$8.125/mes, respectivamente.

(12) Caldas

El área urbana de Caldas es de 4 ha, donde viven 100 personas de 50 familias; en esta zona no hay industrias. Caldas tiene un alcantarillado con sistema combinado de recolección, con una longitud total de la tubería de 1.0 km, un diámetro máximo de 30.5cm y diámetro mínimo de 20.3 cm. El sistema de alcantarillado de Caldas recibe aguas residuales de 86 personas (43 viviendas) y descarga sin tratamiento en la Quebrada La Playa. Además de las 7 viviendas que no están conectadas al sistema de alcantarillado, dos (2) viviendas tienen pozo séptico y otras tienen letrina. En Caldas, en la actualidad no se recoge tarifa.

(13) Chiquinquirá

En Chiquinquirá, el sistema de alcantarillado cubre un área de servicio de 20 km<sup>2</sup>. El sistema de recolección es combinado. La longitud total de la tubería es 60 km., con un diámetro máximo de 147 cm y diámetro mínimo de 25.4 cm. La población servida es de 42.000 personas (8.400 viviendas) y el sistema recibe además aguas residuales de 12 industrias lecheras. El agua residual doméstica descarga al Río Suárez sin tratamiento. La tarifa depende de la cantidad y unidad de carga; esta es

de Col.\$105 /m<sup>3</sup>/mes. El promedio de tarifa por hogar es Col.\$5.405/mes.

La calidad promedio del agua residual es la siguiente.

(Unidad : mg/l)								
PH	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>(Cr)</sub>	TSS	T-N	T-P	Aceites y grasas	Pesticidas (Cl)	Pesticidas (P)
6.77	415	850	702	13	10	18	116	5.0

(14) Saboyá

Saboyá tiene sistema de alcantarillado con servicio a una población de 1.098 personas (183 viviendas). La longitud total de la tubería es 12 km, con diámetro máximo de 40.6 cm y diámetro mínimo de 20.3 cm. El sistema de recolección es separado. Las aguas residuales recogidas de las viviendas se tratan en estanques de estabilización y luego se descargan en la Quebrada La Ruda. La planta de tratamiento se construyó en 1991. La carga de desechos de la conexión al sistema es 2.125 kg./mes.

Hay un sector donde se dañó la tubería del alcantarillado. Las aguas de este rebosan por un pozo de inspección y vierten directamente a la quebrada Cantoco, afluente del Río Suárez.

### 2.1.2 Inventario de Mataderos Existentes

Hay 14 centros urbanos localizado en el Area de Estudio y todos tienen su propio matadero.

El inventario de los sistemas de alcantarillado existentes de estos tratamientos de agua residual en los 14 centros mencionados anteriormente, se preparó mediante encuestas y entrevistas (realizadas en abril y septiembre de 1999), al personal relacionado con cada municipio/matadero y también con información proporcionada por la CAR. Los resultados están en la siguiente tabla.

No.	Nombre del Municipio	Animal	Número de Animales (Cabezas/Se mana)	Volumen de Agua Usada	Planta de Tratamiento*	Punto de Descargue
1	Carmen de Carupa	Vaca	15		Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
2	Ubaté	Vaca	150	650 m <sup>3</sup> /m	Bl + Sc + Se + An	Alcantarilla
		Cerdo	72			
		Oveja	72			
3	Tausa	Vaca	18	-	Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
4	Sutatausa	Vaca	11		Bl + Sc + Gr + Se	Q. Chiritoque
5	Cucunubá	Vaca	5		Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
6	Lenguazaque	Vaca	24	27 m <sup>3</sup> /W	Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
7	Guachetá	Vaca	21		Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
8	San Miguel de Sema	Vaca	2		Bl + Sc + Gr + Se	Q. Los Cerezos
9	Fúquene	Vaca	21		Bl + Sc	Fúquene
10	Susa	Vaca	22		Bl + Sc + Gr + Se	Alcantarillado
11	Simijaca	Vaca	35	180 m <sup>3</sup> /m	Bl + Sc + Gr + Se	Q. El Capitodio
12	Caldas	Vaca	4		Bl + Sc	Q. La Praya
13	Chiquinquirá	Vaca	115		Bl + Sc + Gr + Se	Río Chiquinquirá
14	Saboyá	Vaca	21		Bl + Sc + Gr + Se	Q. El Cantoco

Nota: Bl: Pozo de sangre, Sc: Rejilla, Gr: Eliminador de Grasa, Se: Tanque Séptico, An: Proceso de Tratamiento Anaeróbico

### 2.1.3 Inventario de Disposición de Agua Residual Industriales

La Tabla E.2.2 tabula los establecimientos industriales en el Area de Estudio. Su composición es: (1) de procesamiento de lácteos, (2) Enfriamiento de leche, (3) estaciones de gasolina y (4) otros establecimientos, que consisten en taxis, producción de bebidas y flores, los cuales son listados por la CAR. El número de establecimientos, de acuerdo con su actividad, se tabula a continuación.

Procesamiento de Lácteos	Enfriamiento de Leche	Estaciones de Gasolina	Otras	Total
44	6	8	5	63

Además de los establecimientos industriales mencionados, hay aproximadamente 280 industrias mineras en el Area de Estudio. Entre los establecimientos industriales mencionados arriba, incluyendo las industrias mineras, se considera que solo las fábricas de procesamiento de productos lácteos y de enfriamiento de leche descargan una cantidad importante de carga contaminante, lo que puede afectar la calidad de la Laguna de Fúquene y los ríos en el Area de Estudio.

Para determinar la carga contaminante de estos dos (2) tipos de actividades industriales, se realizaron encuestas. En primer lugar, las fábricas de procesamiento de productos lácteos y de enfriamiento de leche se clasificaron en grandes, medianas y pequeñas, dependiendo del tamaño de las mismas, como se indica en la Tabla E.2.2. Posteriormente, se seleccionaron 14 fábricas de procesamiento de productos lácteos y 4 fábricas de enfriamiento de leche, cubriendo todas las fábricas de tamaño grande y mediano, las cuales aparecen en la Tabla E.2.2.

A continuación se relacionan las encuestas realizadas en las fábricas de procesamiento de productos lácteos y enfriamiento de leche.

#### (1) Doña Leche

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Grande
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	60,000
Leche Procesada (/día)		Queso (kg./día) : 100 (incluyendo Yoghurt)
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :Enfriamiento de Leche 40,000 l/día
Volumen de Agua Utilizada	:	650 m <sup>3</sup> /mes (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento	:	3 Sifones para grasa
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(2) Fabrica de Quesos San José

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	250
Producción		Queso (kg./día) : 31.8
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	0.2 m <sup>3</sup> /día (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento	:	Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(3) La Gran Vaquita

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	400
Producción		Queso (kg./día) : 31.8
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	0.2 m <sup>3</sup> /día
Planta de Tratamiento	:	Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(4) Lácteos Don Luis

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	800
Producción		Queso (kg./día) : 13.6
		Yoghurt (kg./día):
		Otros : Queso descremado 200 libras/día
Volumen de Agua Utilizada	:	0.2 m <sup>3</sup> /día
Planta de Tratamiento	:	Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(5) Lácteos el Manantial

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	800
Producción		Queso (kg./día) : 72.6
		Yoghurt : 40 l/día
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	6 m <sup>3</sup> /día
Planta de Tratamiento	:	2 Sifones para grasa + 1 Estanque Anaeróbico
Punto de Descargue	:	Riego

(6) Lácteos Hato Chips

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	600
Producción		Queso (kg./día) : 47.6
		Yoghurt : 80 l/día
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	85m <sup>3</sup> /mes (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento		Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(7) Lácteos La Pirinola

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	250
Producción		Queso (kg./día) : 15.9
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	0.2 m <sup>3</sup> /día (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento		Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(8) Lácteos San Andrés

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Mediano
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	2,800
Producción		Queso (kg./día) : 63.5
		Yoghurt (kg./día):
		Otros : Mantequilla 18.1 kg/semana
Volumen de Agua Utilizada	:	1.125 m <sup>3</sup> /día (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento		5 Sifones para grasa
Punto de Descargue	:	Riego

(9) Lácteos Ubaté

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Mediano
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	4,000
Producción		Queso (kg./día) : 200
		Yoghurt : 600 l/semana
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	160 m <sup>3</sup> /mes (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento		1 Sifón para grasa + 1 Sedimentador
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(10) Quesos el Candado

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	800
Producción		Queso (kg./día) : 68.0
		Yoghurt :
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	0.2 m <sup>3</sup> /día (Agua del Municipio)
Planta de Tratamiento		Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(11) Quesos los Alpes

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	400
Producción		Queso (kg./día) : 36.3
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	0.3 m <sup>3</sup> /día
Planta de Tratamiento		Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(12) Quesos Villa Ubaté

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	1,500
Producción		Queso (kg./día) : 122.5
		Yoghurt (kg./día):
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	3,500 m <sup>3</sup> /año (Agua subterránea)
Planta de Tratamiento		Ninguna
Punto de Descargue	:	Agua de Riego

(13) Colfrance

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Grande
Municipio	:	Fúquene
Leche Procesada (l/día)	:	8,000
Producción		Queso : 690 t/año
		Yoghurt : 576 t/año
		Otros :
Volumen de Agua Utilizada	:	1,200 m <sup>3</sup> /año (Agua subterránea)
Planta de Tratamiento		2 Sifones para grasa + 1 Sedimentador + 1 Estanque Anaeróbico
Punto de Descargue	:	Riego

(14) Incolácteos

Actividad	:	Procesamiento de Productos Lácteos
Tamaño	:	Grande
Municipio	:	Simijaca
Leche Procesada (l/día)	:	180,000
Producción	:	Queso (kg./día) : Yoghurt (kg./día): Otros : Leche 100.000 l/día, Mermelada, Jugos, etc.
Volumen de Agua Utilizada	:	1,800 m <sup>3</sup> /mes (Agua del Municipio), 3,000 m <sup>3</sup> /mes (Agua subterránea)
Planta de Tratamiento	:	3 Sifones para grasa + 2 Estanques de Estabilización
Punto de Descargue	:	Riego

(15) Alquería

Actividad	:	Enfriamiento de Leche
Tamaño	:	Pequeño
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	80,000
Volumen de Agua Utilizada	:	450 m <sup>3</sup> /mes
Planta de Tratamiento	:	Ninguna
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(16) Parmalat (Ubaté)

Actividad	:	Enfriamiento de Leche
Tamaño	:	Mediano
Municipio	:	Ubaté
Leche Procesada (l/día)	:	38,500
Volumen de Agua Utilizada	:	500 m <sup>3</sup> /mes
Planta de Tratamiento	:	2 Sifones para grasa + 1 Sedimentador
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Ubaté

(17) Alpina

Actividad	:	Enfriamiento de Leche
Tamaño	:	Grande
Municipio	:	Simijaca
Leche Procesada (l/día)	:	80,000
Volumen de Agua Utilizada	:	286 m <sup>3</sup> /año (Agua del Municipio), 10.950 m <sup>3</sup> /año (Agua subterránea)
Planta de Tratamiento	:	3 Sifones para grasa
Punto de Descargue	:	Sistema de Alcantarillado de Simijaca

(18) Delay

Actividad	:	Enfriamiento de Leche
Tamaño	:	Grande
Municipio	:	Simijaca
Leche Procesada (l/día)	:	37.000
Volumen de Agua Utilizada	:	3.000 m <sup>3</sup> /año (Agua del municipio), 6.000 m <sup>3</sup> /año (Agua subterránea)
Planta de Tratamiento	:	Ninguna
Punto de Descargue	:	Quebrada Capitolio

## 2.2 Carga Contaminante Generada Actualmente

Las fuentes puntuales de contaminación en el Area de Estudio se pueden clasificar en (a) Sistemas de alcantarillado, (b) Mataderos, (c) establecimientos industriales en el área urbana de los catorce (14) municipios.

Los sistemas de alcantarillado equipados de todos los centros urbanos, reciben no solo aguas residuales domésticas sino que también aceptan efluentes de mataderos y establecimientos industriales.

En esta sección se calcula, primero, el punto de generación/efluente de contaminación como aguas residuales domésticas, aguas residuales de mataderos y aguas residuales industriales, y luego, la carga contaminante que fluye directamente a los ríos y canales (agua de desecho de alcantarillado y matadero/industrial no considerada por el sistema de alcantarillado) que se obtiene como un cálculo de la calidad del agua en los ríos seleccionados y en la Laguna de Fúquene, junto con la carga contaminante de las fuentes no puntuales explicadas en el Capítulo 3.

### 2.2.1 Carga Contaminante Generada/Efluente

(1) Aguas Residuales Domésticas

Las aguas residuales domésticas en cada centro urbano se obtienen de la unidad de descarga de agua residual doméstica per cápita y la unidad de carga per cápita (DBO<sub>5</sub>), las que son aplicadas para diseñar los sistemas de alcantarillado actuales en el Area de Estudio. Igual que la unidad de carga per cápita para DQO, T-N y T-P, aquellas que se usan en Japón se aplican después de la modificación.

A continuación se explican las unidades per cápita de consumo de agua o descarga de agua de desecho y unidad DBO<sub>5</sub> per cápita utilizada para el diseño de los sistemas de alcantarillado existentes.

(a) San Miguel de Sema (1992)

Se aplicó el siguiente consumo de agua per cápita el cual varía por años de acuerdo a como se muestra a continuación.

(Unidad : l/día)	
Año	Consumo de Agua per Cápita
1991	100
1996	105
2001	110
2006	115
2010	120

En relación con la DBO<sub>5</sub>, se aplicó 50 g/día/persona.

(b) Simijaca (1998)

El consumo de agua doméstica per cápita utilizado para el diseño del sistema de alcantarillado de Simijaca fue de 173 l/día para el año determinado basado en el actual consumo doméstico de agua de 153 l/día. La carga de DBO<sub>5</sub> no se utiliza para el diseño.

(c) Chiquinquirá (1993)

Las siguientes son las unidades de generación de carga contaminante aplicadas para Chiquinquirá.

Consumo Doméstico de Agua	: 200 l/día (1995 y 2035)
DBO <sub>5</sub>	: 50 g/día

(d) Ubaté

Descarga Doméstica	: 250 l/día (1990 y 2010)
DBO <sub>5</sub>	: 60 g/día

Basados en los anterior, se aplica la siguiente unidad de descarga y la unidad de carga contaminante (DBO<sub>5</sub>), clasificando los centros urbanos en ‘grande’, ‘mediano’ y ‘pequeño’ desde el punto de su población actual.

En el diseño de los sistemas de alcantarillado, se utilizaron factores de retorno de 0.7 (Chiquinquirá), 0.8 (Simijaca) y 0.85 (Ubaté) para convertir el consumo de agua en aguas residuales. En este estudio se utilizó un factor de retorno de conversión de 0.8 para calcular el agua residual per cápita.

Nombre del Pueblo	Agua	Agua Residual	DBO <sub>5</sub>
Ubaté & Chiquinquirá	225 l/día	180 l/día	50 g/día
Lenguazaque, Guacheta & Simijaca	170 /día	136 /día	50 g/día
Otros 9 municipios	110 l/día	88 l/día	50 g/día

Los siguientes valores se aplican en relación con la carga contaminante per cápita de DQO<sub>(Cr)</sub>, T-N y T-P, de los estándares utilizados en Japón ajustando a partir del valor DBO.

	(Unidad :mg/l)			
	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>(Cr)</sub>	T-N	T-P
Japón	58	73	11	1.2
Cuenca Laguna de Fúquene	50	63	9.5	1.0

La Tabla E.2.3 tabula la generación de carga contaminante doméstica en los centros urbanos del Area de Estudio.

(2) Matadero

Teniendo en cuenta la falta de información de calidad y cantidad del agua residual del matadero, se decidió utilizar para este estudio la unidad de carga de generación utilizada en la jurisdicción de la CAR, la que se muestra en la Tabla E.2.4. La información sobre cantidad de agua residual se obtuvo de algunos mataderos, mientras que para aquellos sin información sobre consumo de agua se aplicó la unidad de volumen de agua que se muestra en la Tabla E.2.4.

La calidad del efluente de DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P se obtiene basándose en el resultado del análisis realizado por la CAR en ocho (8) municipios cerca de Bogotá y observación suplementaria del Equipo de Estudio (ver Tabla E.2.5) La concentración adoptada de DBO<sub>5</sub> – DQO, T-N, DBO<sub>5</sub> son como sigue:

	(unidad: mg/l)		
Parámetro	Resultado Promedio	Observación	Concentración
DBO <sub>5</sub>	2.755	605	2.500
DQO	4.667	900	4.000
T-N	57.4	98.3	500
T-P	9.07	9.78	10

La Tabla E.2.6 muestra la carga contaminante efluente de 14 mataderos en el Area de Estudio.

(3) Agua Residual Industrial

La mayor fuente contaminante industrial en el Area de Estudio es la industria láctea a través de industrias procesadoras de leche e industrias de enfriamiento de leche. La información sobre calidad del agua es escasa y por lo tanto la unidad de generación de carga que se muestra en la Tabla E.2.4, se aplicó a todas las fábricas que no tienen información disponible sobre volumen de agua residual. También se utiliza en esta tabla la unidad de volumen de agua de desecho.

Las siguientes tablas muestran la unidad de volumen de generación de carga contaminante y la unidad de generación de carga contaminante para las industrias procesadoras y las industrias de enfriamiento de leche.

	Volumen de Agua Residual	DBO <sub>5</sub>
Procesamiento de leche	5.0 l/l de Leche	2.700 mg/l
Enfriamiento de leche	2.5 l/l de Leche	800 mg/l

La Tabla E.2.7 muestra el efluente de la carga contaminante de cada fábrica de lácteos. La proporción de remoción de DBO<sub>5</sub> de 0.4 se aplica para las fábricas que

tienen planta de tratamiento. Las cargas de efluente DQO, T-N y T-P se calculan a partir de  $DBO_5 - DQO$ ,  $DBO_5 - T-N$ , y la relación  $DBO_5 - T-P$  (Fig. E.2.2) obtenida basada en la observación suplementaria de la calidad del agua hecha por el Equipo de Estudio

### **2.2.2 Efluente de Carga Contaminante Puntual a los Ríos**

El efluente de carga contaminante puntual que fluye a los ríos incluye agua residual de: (a) sistemas de alcantarillado, (b) mataderos no atendidos por sistemas de alcantarillado y (c) establecimientos industriales no atendidos por sistemas de alcantarillado.

#### **(1) Sistema de alcantarillado**

La Tabla E.2.8 muestra la carga contaminante doméstica, de mataderos e industrias, que fluye al sistema de alcantarillado de 14 municipios en el Area de Estudio, que finalmente vierten en los ríos.

La Tabla E.2.9 muestra el efluente de la carga contaminante que fluye a los ríos desde los 14 sistemas de alcantarillado mencionados anteriormente. Para los sistemas de alcantarillado sin planta de tratamiento la carga contaminante efluente es igual a la carga de contaminación influente mientras la carga efluente con planta de tratamiento se obtiene como se muestra a continuación.

La concentración efluente de  $DBO_5$  en el sistema de alcantarillado, después de tratamiento en el alcantarillado de Ubaté, Cucunubá, San Miguel de Sema y Saboyá se asume como la concentración promedio efluente de  $DBO_5$ , observada por el Equipo de Estudio y por la CAR, respectivamente.

La concentración de DQO, T-N y T-P después de tratamiento se calcula de la concentración efluente obtenida de  $DBO_5$  de cada sistema de alcantarillado, basándose en la relación de  $DBO_5$  a DQO, T-N y T-P, las que se calculan de la observación suplementaria realizada por el Equipo de Estudio (Fig.E.2.3).

#### **(2) Otras Fuentes Contaminantes**

Los puntos de descarga de cada fuente contaminante serán los mismos.

##### **(a) Mataderos**

El Efluente de los mataderos en Sutatausa, San Miguel de Sema, Fúquene, Simijaca, Caldas, Chinquinquirá y Saboyá fluirán a los ríos.

##### **(b) Industria**

El efluente de las industrias lácteas localizadas en Tausa, Guacheta, Fúquene y Simijaca fluirán a los ríos.

#### **(2) Matadero**

Se considera que el efluente de los mataderos en Sutatausa, San Miguel de Sema, Fúquene, Simijaca, Caldas, Chinquinquirá y Saboyá fluyen directamente a los ríos.

#### **(3) Industrias Lácteas**

Se considera que el efluente de industrias lácteas localizado en Tausa, Guachetá, Fúquene y Simijaca fluye a los ríos.

El Cuadro E.2.10 resume el punto de efluente de carga contaminante de tres (3) categorías mencionadas anteriormente y el total de 14 centros urbanos.

## **2.3 Generación de Carga Contaminante Futura/Efluente**

### **2.3.1 Carga Contaminante Doméstica**

#### **(1) Población Servida en el Area de Estudio**

El sistema de alcantarillado de municipios existente incluye a casi toda el área urbana. Por lo tanto, se calcula que el servicio futuro del sistema de alcantarillado incluirá toda el área urbana.

La proyección de población de los municipios en el Area de Estudio se muestra en la Tabla A.2.1.

#### **(2) Cantidad de Agua Residual**

La unidad de consumo de agua per cápita, el factor de retorno, se calcula como igual a los existentes. Consecuentemente, la cantidad de agua residual per cápita es también igual a la existente.

#### **(3) Calidad del Area de Desecho**

La carga de DBO<sub>5</sub> y la tasa de DQO, T-N y T-P a DBO<sub>5</sub> es la misma.

#### **(4) Generación de Carga Contaminada Doméstica**

Basándose en el supuesto de arriba, la generación de carga contaminante doméstica se muestra en la Tabla E.2.11.

### **2.3.2 Matadero**

#### **(1) Número de Animales Sacrificados**

El número de animales sacrificados se incrementa en proporción directa respecto del crecimiento de la población, siguiendo el supuesto de que el consumo de carne per cápita permanecerá constante.

#### **(2) Cantidad de Agua Residual**

También se aplica la cantidad de agua residual por unidad descrita en la Tabla E.2.4. Consecuentemente, el agua de desecho en el año objetivo se incrementará en proporción al crecimiento de la población.

#### **(3) Calidad de Agua Residual**

La concentración de DBO<sub>5</sub> y la tasa de DQO, T-N Y T-P a DBO<sub>5</sub> son las mismas que las existentes. Actualmente, cada municipio instala su planta de pre-tratamiento

basándose en sus circunstancias. La tasa de remoción será constante a pesar del aumento de agua residual. El punto de descarga no cambiará.

(4) Carga Residual de Mataderos

Basándose en la afirmación de arriba, se muestra el efluente de carga contaminada de matadero en la Tabla E.2.12.

### 2.3.3 Industria

(1) Número de fábricas

Con relación a las plantas de lácteos, el número de fábricas que descargan su efluente en el sistema de alcantarillado, el río o el sistema de irrigación son 41,4 y 5, respectivamente. En este Estudio se asume que ningún establecimiento industrial adicional se instalará en el Area de Estudio y que el punto de descarga no cambiará.

(2) Cantidad de Agua Residual

Basándose en la afirmación de la Sección A.2.5 (1), el sector industrial lechero aumentará en 4% del año 1998 al año objetivo. El agua residual proveniente del enfriamiento /embotellamiento/procesamiento se asume como la misma. Consecuentemente, el agua de desecho en el año objetivo será 1.04 veces el de 1998.

(3) Calidad del Agua Residual

La concentración y la tasa de DQO, T-N Y T-P a DBO<sub>5</sub> son las mismas. Actualmente, pocas industrias instalan planta de pre-tratamiento. Se asume que en el año objetivo, se instalará una planta de pre-tratamiento en cada fábrica y la tasa de remoción será igual a la existente. Se supone que en el año objetivo, la rata de remoción será la misma a la existente aunque la cantidad de agua residual será 1.04 veces a la mencionada arriba.

Por otro lado, otras fábricas no instalarían plantas de tratamiento en el caso de “Sin proyectos” y, se instalarían plantas de pretratamiento en las fábricas en el caso de “Con Proyectos”.

(4) Efluente de Carga Contaminante Industrial

Basándose en la afirmación de arriba, la carga contaminante industrial se muestra en la Tabla E.2.13.

### 2.3.4 Futura Carga Contaminante Puntual Generada a los Ríos

(1) Sistema de alcantarillado

La carga contaminante doméstica, de mataderos e industrial que fluye al sistema de alcantarillado de los 14 municipios en el área de estudio, tanto “Con Proyecto” como “Sin Proyecto”, se tabulan en la Tabla E.2.14 (1) y la Tabla E.2.14 (2).

En el caso de “Con Proyecto”, cada municipio instalaría plantas de pretratamiento hasta el año objetivo. La calidad del efluente se supone en 40 mg/l, la cual estaría propuesta en el Apéndice F, Sección 2.2.2 debido al mejoramiento/desarrollo de las

plantas de tratamiento. La concentración de N-T y el P-T a DBO<sub>5</sub> después del tratamiento se estima según la relación entre ellos. El Equipo de Estudio estima la relación de observaciones suplementarias.(vea la Fig. E.2.3).

En el caso de “Sin Proyecto”, la eficiencia de las plantas de tratamiento existentes llegaría a ser inferior debido al incremento de la descarga de agua residual. Si la descarga de agua residual llega a ser  $\mu$  veces la actual en el futuro, el tiempo de retención futura llegaría a ser  $1/\mu$ .

La concentración futura de DBO<sub>5</sub> del efluente de agua residual se calcula de la siguiente relacione.

$$C_e'/C_i' = \mu / (\mu - 1 + C_i/C_e)$$

Donde

Ci:	Concentración de DBO <sub>5</sub> del influente actual
Ce:	Concentración de DBO <sub>5</sub> del efluente actual
Ci':	Concentración de DBO <sub>5</sub> del influente en el futuro
Ce':	Concentración de DBO <sub>5</sub> del efluente en el futuro.
$\mu$ :	La relación de descarga de agua residual futura a la actual

La DBO<sub>5</sub> de descarga de alcantarillado del efluente sin planta de tratamiento es igual a la del influente. La Tabla E.2.15 muestra el efluente de carga contaminante en el futuro.

(2) Otras Fuentes Contaminantes

El efluente de mataderos en Sutatausa, San Miguel de Sema, Fúquene, Simijaca, Caldas, Chiquinquirá y Saboyá y el de la industria láctea localizada en Tausa, Guachetá, Fúquene y Simijaca será vertida en los ríos.

(3) Carga Puntual Contaminante Futura que se Vertirá a los Ríos

La Tabla E.2.16 resume el efluente de carga contaminante puntual futura proveniente de sistemas de alcantarillado, mataderos e industrias mencionado arriba y su total de 14 municipios.

## CAPITULO III MECANISMO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

### 3.1 Generación de Carga Contaminante por Escorrentía

#### 3.1.1 General

Las fuentes contaminantes en el Area de Estudio se encuentran clasificadas en fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Las fuentes puntuales se componen de aguas de residuales del alcantarillado y aguas residuales industrial (mataderos y fábricas procesadoras de lácteos). Las fuentes no puntuales incluyen aguas residuales de ganadería, de tierras (fincas, pastos, y bosques de arbustos) y aguas domésticas en el área rural. Las aguas residuales de zonas urbanas es depreciable ya que las poblaciones son pequeñas.

Las cargas contaminantes no puntuales fluyen, por los campos o a través de pequeños canales o zanjas hasta los tributarios. Por otro lado, las cargas de contaminación puntual descargan directamente en los tributarios o ríos principales con o sin tratamiento. De ahí en adelante las cargas contaminantes puntuales y no puntuales corren a través de los tributarios hasta entrar en el río principal. Finalmente fluyen aguas abajo por el río principal.

En la primera etapa de escorrentía, la carga no contaminante disminuye en gran medida por los efectos de purificación natural sobre las tierras y pequeños canales. El coeficiente de escorrentía ( $R_1$ ) es generalmente constante para cada categoría de uso del terreno. En la segunda etapa de escorrentía, las cargas contaminantes puntuales y las no puntuales son reducidas por los efectos de la purificación natural en los tributarios. El coeficiente de escorrentía ( $R_2$ ) varía de acuerdo con la longitud del tributario. En este Estudio la carga contaminante de efluente se define como la escorrentía de carga contaminante que llega al río principal. Entonces, la escorrentía de carga contaminada se calcula multiplicando los coeficientes de escorrentía por la carga contaminante generada como sigue:

Carga contaminante de escorrentía = Carga contaminante generado x  $R_1$  x  $R_2$

En este estudio la carga contaminante generada y la escorrentía se calcularon en parámetros de DBO, DQO, N-total y P-total.

#### 3.1.2 Modelado de la Cuenca

En este Estudio, la generación de carga contaminante y escorrentía están calculadas para toda la cuenca aguas arriba de la confluencia con el Río Chiquinquirá (1.462 km<sup>2</sup>). La cuenca objetivo se divide en (9) sub-cuencas como se muestra en la Figura E.3.1. Las escorrentía de carga contaminante puntual y no puntual se simulan en el extremo aguas abajo de las correspondientes sub-cuencas. La calidad del agua del río se simula en (3) estaciones principales. El Río Ubaté en el Puente Colorado (A), el Río Suárez en Compuerta de Tolón (C) y el Río Suárez inmediatamente después de la confluencia del Río Chiquinquirá (de aquí en adelante llamado Aguas Abajo del municipio de Chiquinquirá, D). Además, la calidad del agua de la Laguna (B) será simulada separadamente de la simulación del río.

El diagrama esquemático para la simulación de la escorrentía de la carga contaminante y la calidad del agua se muestra en la Figura E.3.2

### 3.2 Generación de Carga Contaminante Existente y Escorrentía

#### 3.2.1 Generación de Carga Contaminante

(1) Generación de Carga de Contaminante Puntual

Las cargas de contaminantes generadas existentes del alcantarillado y aguas residuales industriales, se calcularon en el Capítulo II, Sub-Secciones 2.2.1 y 2.2.2. Estas se descargan directamente en los tributarios o ríos principales excepto unas pocas fuentes.

La mayor parte de las fuentes industriales contaminantes, son descargadas en el alcantarillado municipal y el resto descargan directamente en el cuerpo de aguas públicas. En este estudio de simulación, las fuentes industriales cubiertas por el alcantarillado, son clasificadas como aguas residuales de alcantarillado y solo las fuentes restantes se clasifican como aguas residuales industriales.

(2) Generación de Carga Contaminante no Puntual.

La contaminación no puntual la genera la ganadería, tierra (fincas, pastos, y bosques de arbustos) y el uso doméstico en el área rural.

El número de cabezas de ganado, población rural, y el uso de la tierra en cada sub-cuenca, se calculan como se muestra en la Figura E.3.1. La generación de la unidad de carga contaminante (DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N, y T-P) de cada fuente no puntual, son asumidos como se muestra en la Tabla E.3.2, basados en los diferentes estudios anteriores e informes. En la tabla siguiente, la unidad de carga por población doméstica se define como la carga posterior al tratamiento por tanque séptico

La generación de carga contaminante No-Puntual de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-T and P-T en cada subcuenca se calcula como el producto de los valores de la Tabla E 3.1 y la Tabla E 3.2.

(3) Generación de Carga Contaminante Existente Total

La generación de carga contaminante total de DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P en el Area de Estudio (área objetivo de simulación 1.462 km<sup>2</sup>.) se resume a continuación.

Parámetro de Carga de Contaminación	Cuenca Superior de Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	(unidad kg/d)
			Total
DBO <sub>5</sub>	68,541	44,026	112,567
DQO	166,791	95,705	262,496
N-total	48,123	29,502	77,624
P-total	6,165	3,858	10,023

La generación de carga contaminante existente total de DBO<sub>5</sub>, COD, T-N, y T-P por cada fuente contaminante puntual y no puntual se muestran a continuación.

(a) DBO<sub>5</sub>

(unidad  
kg/día)

Fuente	Area Alta de Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Puntual (alcantarillado)	846	2,619	3,464	3.08
Puntual (industrial)*	34	140	174	0.15
Sub Total	880	2,759	3,638	3.23
No-puntual (doméstico)	266	100	366	0.33
No-puntual (ganadería)	62,857	38,767	101,624	90.28
No-puntual (suelo)	4,539	2,400	6,939	6.16
Sub total	67,661	41,267	108,929	96.77
Total	68,541	44,026	112,567	100.00

\* Solo las aguas de desechos industriales que descargan en el río.

## (b) DQO

(unidad  
kg/día)

Fuente	Area Alta de Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Puntual (alcantarillado)	1,410	3,284	4,694	1.79
Puntual (industrial)*	46	196	242	0.09
Sub Total	1,456	3,480	4,936	1.88
No-puntual (doméstico)	432	160	592	0.23
No-puntual (ganadería)	152,592	85,841	238,433	90.83
No-puntual (suelo)	12,311	6,224	18,535	7.06
Sub total	165,334	92,225	257,560	98.12
Total	166,791	95,705	262,496	100.00

\* Solo las aguas residuales industriales que descargan en el río.

## (c) N-total

(unidad  
kg/día)

Fuente	Area Alta de Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Puntual (alcantarillado)	238	511	748	0.96
Puntual (industrial)*	8	32	40	0.05
Sub Total	246	543	788	1.02
No-puntual (doméstico)	45	17	61	0.08
No-puntual (ganadería)	37,939	23,711	61,650	79.42
No-puntual (suelo)	9,894	5,232	15,125	19.49
Sub total	47,877	28,959	76,836	98.98
Total	48,123	29,502	77,624	100.00

\* Solo las aguas residuales industriales que descargan en el río

(d) P-total

(unidad: kg/día)

Fuente	Area Alta de Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Puntual (alcantarillado)	28	72	100	0.99
Puntual (industrial)*	2	9	11	0.12
Sub Total	30	81	111	1.11
No-puntual (doméstico)	7	3	10	0.10
No-puntual (ganadería)	5,982	3,700	9,682	96.60
No-puntual (suelo)	147	74	220	2.20
Sub total	6,136	3,776	9,912	98.89
Total	6,165	3,858	10,023	100.00

\*Solo las aguas residuales industriales que descargan en el río.

El existente total de la generación de carga contaminante de DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P por fuente y sub-cuenca se ilustran en la Figura E.3.3 y Tabla E 3.3.

La proporción de generación de carga contaminante por cada fuente en la cuenca superior de la Laguna de Fúquene se muestra en la Figura E.3.4. La carga más grande de contaminación en la cuenca la genera la ganadería como sigue: DBO<sub>5</sub>: 92%, DQO: 91%, T-N: 79%, y T-P: 97%.

### 3.2.2 Carga Contaminante por Escorrentía

(1) General

El efluente de carga contaminante en el río principal o Laguna, se calcula multiplicando la carga contaminante por escorrentía generada por los coeficientes de escorrentía  $R_1$  y  $R_2$ . Aquí  $R_1$  es la relación de escorrentía de los contaminantes generados de cada sub-cuenca a su tributario de descarga.  $R_2$  es la relación de auto purificación de los contaminantes en el tributario.

Dentro de los cuatro (4) contaminantes DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P, ellos se descomponen dentro de la corriente en una proporción considerable mientras fluyen hacia abajo. Por otro lado la descomposición de DQO, T-N y T-P en las corrientes ordinarias no son significativas. Por lo tanto la relación de auto purificación en el tributario solo se evalúa para DBO<sub>5</sub>.

Dentro de las nueve (9) sub-cuencas, siete (7) de ellas descargan en el río principal a través de cada tributario de descarga. Esos tributarios son los Ríos Ubaté porción alta, Suta, Cucunubá, Lenguazaque, Susa, Simijaca y Chiquinquirá. Sin embargo la sub-cuenca de la Laguna de Fúquene y la sub-cuenca residual del Río Suárez se asume que descargan directamente en la Laguna y el Río Suárez principal respectivamente. Por lo tanto la proporción de auto purificación ( $R_2$ ) de DBO solo se evalúa para los siete (7) ríos mencionados arriba.

(2) Cálculo de los Coeficientes de Escorrentía

La proporción de escorrentía de cargas contaminantes de las sub-cuencas generalmente varían dependiendo de las condiciones topográficas, geológicas y otras condiciones ambientales. En este Estudio los coeficientes de escorrentía  $R_1$  y  $R_2$  están determinados de tal manera que las cargas contaminantes simuladas puedan coincidir con las observadas en la estación Puente Colorado del Río Ubaté. (después de la confluencia de los ríos Suta, Cucunubá y lenguazaque).

Tal como se ha mencionado anteriormente, el efecto de auto purificación de DQO, T-N y T-P en el tributario es insignificante, podría decirse de  $R_2-1.0$ . A partir de esto, el coeficiente de escorrentía de DQO, T-N y T-P en la sub-cuenca ( $R_1$ ) se determina la con los valores medidos en la estación Puente Colorado.

Por otro lado, el efecto de la auto purificación de  $DBO_5$  en los tributarios es significativo. La proporción de auto purificación de  $DBO_5$  en los tributarios se puede calcular por la siguiente ecuación:

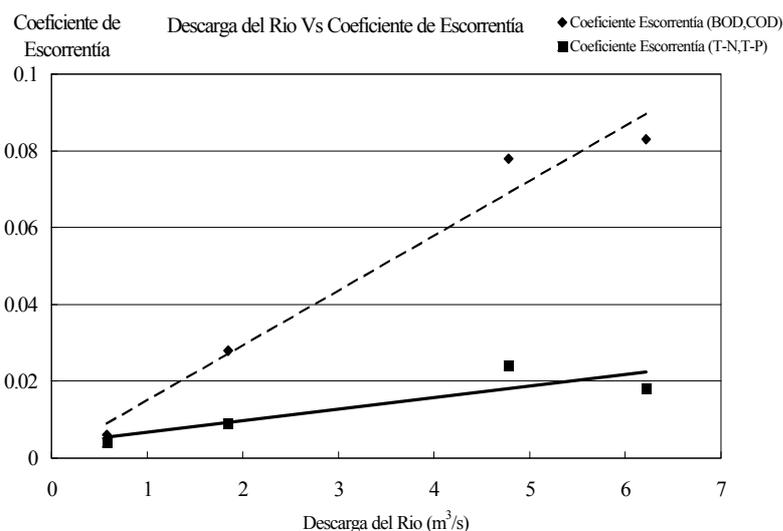
$dL/dt = -KxL$       Donde L: Carga de  $DBO_5$  (kg), K: constante de auto purificación (1/día)

La constante de auto purificación K se asume de 1.2 (1/día), considerando las condiciones del río de los tributarios. A partir de la ecuación anterior el promedio de reducción de  $R_2$  en los tributarios se en 3% por kilómetro.

El coeficiente de escorrentía de  $DBO_5$  ( $R_1$ ) en las sub-cuencas se obtiene a través de la comparación de la carga contaminante por escorrentía calculada y observada en la estación Puente Colorado. En esta comparación la reducción de carga contaminante en el tributario por el efecto de auto purificación es debidamente considerada.

La carga contaminante no puntual generada ( $DBO_5$ , DQO, N-total, P-total) en las sub-cuencas, escurre fácilmente a los tributarios durante la época lluviosa, mientras que durante la época seca permanece en la tierra. Hay una cierta relación entre el coeficiente de escorrentía ( $R_1$ ) de la carga contaminante no puntual y el caudal del río. Generalmente el coeficiente de escorrentía ( $R_1$ ) se incrementa proporcionalmente al caudal del río, además, la  $DBO_5$  y la DQO escurren más fácilmente que el N-total y el P-total.

La relación del coeficiente de escorrentía ( $R_1$ ) de la carga contaminante no-puntual ( $DBO_5$ , DQO, N-total, P-total) y el caudal del río en la estación Puente Colorado del Río Ubaté se estableció con base en la observación de campo en cuatro (4) periodos como se muestra abajo:



El promedio de caudal del río en la estación Puente Colorado durante las épocas de lluvia y seca se estiman en  $6,21\text{m}^3/\text{s}$  y  $2.27\text{m}^3/\text{s}$  respectivamente de acuerdo con esto, el promedio de carga contaminante no-puntual por escorrentía ( $R_1$ ) se calcula como sigue.

Carga no puntual	Época lluviosa	Época seca
DBO <sub>5</sub> /DQO	0.090	0.031
N-total, P-total	0.023	0.010

Los coeficientes de escorrentía de la sub-cuenca ( $R_1$ ) y del tributario ( $R_2$ ) calculados para cargas puntuales y no puntuales se muestran a continuación.

Carga Contaminante	DBO <sub>5</sub>	DQO	T-N	T-P
<b>Carga Puntual (Total Año)</b>				
$R_1$	1.0	1.0	1.0	1.0
$R_2$	3% reducción por km	1.0	1.0	1.0
<b>Carga No Puntual (Epoca de Lluvia)</b>				
$R_1$	0.090	0.090	0.023	0.023
$R_2$	3% reducción por km	1.0	1.0	1.0
<b>Carga No Puntual (Epoca Seca)</b>				
$R_1$	0.031	0.031	0.010	0.010
$R_2$	3% reducción per km	1.0	1.0	1.0

Los anteriores coeficientes de escorrentía se aplicaron para todas las sub-cuenclas y tributarias del área de estudio (área objeto de simulación).

(3) Carga Contaminante Total por Escorrentía

La carga contaminante total por escorrentía para de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-total y P-total en el área de estudio:  $1.482\text{ km}^2$ , para las dos épocas se resume a continuación.

(unidad: kg/día)

Epoca	Parámetro de Carga de Contaminación	Cuenca Superior de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total
Epoca de Lluvia	DBO <sub>5</sub>	3,877	4,853	8,730
	DQO	16,336	12,523	28,859
	N-total	1,347	1,188	2,535
	P-total	171	168	339
Epoca Seca	DBO <sub>5</sub>	1,915	3,480	5,395
	DQO	6,581	6,595	13,176
	N-total	725	832	1,557
	P-total	91	119	210

El total de escorrentía de carga de contaminación de DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P para cada fuente puntual y no puntual se muestra a continuación.

(a) DBO<sub>5</sub>

(unidad: kg/día)

Epoca	Fuente	Area Superior de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Epoca de Lluvia	Puntual (alcantarillado)	846	2,619	3,464	39.68
	Puntual (industrial)*	34	140	174	1.99
	Sub-total	880	2,759	3,638	41.68
	No-puntual (doméstico)	11	5	16	0.18
	No-puntual (ganadería)	2,808	1,949	4,757	54.49
	No-puntual (suelo)	179	140	319	3.65
	Sub-total	2,997	2,094	5,092	58.32
Total	3,877	4,853	8,730	100.0	
Epoca Seca	Puntual (alcantarillado)	846	2,619	3,464	64.21
	Puntual (industrial)*	34	140	174	3.23
	Sub-total	880	2,759	3,638	67.44
	No-puntual (doméstico)	4	2	6	0.10
	No-puntual (ganadería)	967	672	1,639	30.37
	No-puntual (suelo)	65	48	113	2.09
	Sub-total	1,035	722	1,757	32.56
Total	1,915	3,480	5,395	100.0	

\*: Sólo las aguas industriales descargan en el río

## (b) DQO

(unidad: kg/día)

Epoca	Fuente	Area Superior de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Epoca de Lluvia	Puntual (alcantarillado)	1,410	3,284	4,694	16.26
	Puntual (industrial)*	46	196	242	0.84
	Sub-total	1,456	3,480	4,936	17.10
	No-puntual (doméstico)	39	15	54	0.19
	No-puntual (ganadería)	13,733	8,525	22,258	77.13
	No-puntual (suelo)	1,108	503	1,611	5.58
	Sub-total	14,880	9,043	23,023	82.90
	Total	16,336	12,522	28,859	100.0
Epoca Seca	Puntual (alcantarillado)	1,410	3,284	4,694	35.62
	Puntual (industrial)*	46	196	242	1.84
	Sub-total	1,456	3,480	4,936	37.46
	No-puntual (doméstico)	13	5	18	0.14
	No-puntual (ganadería)	4,730	2,936	7,667	58.19
	No-puntual (suelo)	382	173	555	4.21
	Sub-total	5,125	3,115	8,240	62.54
	Total	6,581	6,595	13,176	100.0

\*: Sólo las aguas industriales descargan en el río

## (c) N-total

(unidad: kg/día)

Epoca	Fuente	Area Superior de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Epoca de Lluvia	Puntual (alcantarillado)	238	510	748	29.49
	Puntual (industrial)*	8	32	40	1.60
	Sub-total	246	542	788	31.09
	No-puntual (doméstico)	1	0	1	0.06
	No-puntual (ganadería)	873	525	1,398	55.13
	No-puntual (suelo)	227	120	347	13.72
	Sub-total	1,101	645	1,746	68.91
	Total	1,347	1,187	2,534	100.0
Epoca Seca	Puntual (alcantarillado)	238	510	748	48.03
	Puntual (industrial)*	8	32	40	2.60
	Sub-total	246	543	788	50.63
	No-puntual (doméstico)	0	0	0	0.04
	No-puntual (ganadería)	379	237	616	39.61
	No-puntual (suelo)	99	52	151	9.72
	Sub-total	479	290	768	49.37
	Total	725	832	1,557	100.0

\*: Sólo las aguas industriales descargan en el río

## (d) P-total

(unidad: kg/día)

Epoca	Fuente	Area Superior de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
Epocade Lluvia	Puntual (alcantarillado)	28	72	100	29.35
	Puntual (industrial)*	2	9	11	3.36
	Sub-total	30	81	111	32.71
	No-puntual (doméstico)	0	0	0	0.07
	No-puntual (ganadería)	138	85	223	65.73
	No-puntual (suelo)	3	2	5	1.50
	Sub-total	141	87	228	67.29
	Total	171	168	339	100.0
Epoca Seca	Puntual (alcantarillado)	28	72	100	47.62
	Puntual (industrial)*	2	9	11	5.23
	Sub-total	30	81	111	52.86
	No-puntual (doméstico)	0	0	0	0.05
	No-puntual (ganadería)	60	37	97	46.19
	No-puntual (suelo)	1	1	2	1.05
	Sub-total	61	38	99	47.14
	Total	91	119	210	100.0

\*: Sólo las aguas industriales descargan en el río

El total de carga contaminante por escorrentía de DBO<sub>5</sub>, DQO, T-N y T-P por fuente y por sub-cuenca se ilustra en la Fig E 3.5 (Época de Lluvia) y Fig E 3.6 (Época Seca).

La tasa de escorrentía de carga contaminante de cada fuente en la cuenca superior de la Laguna de Fúquene se muestra en la Fig E 3.7 (Época de Lluvia) y Fig E 3.8 (Época Seca). La ganadería registra la más alta carga contaminante por escorrentía en la cuenca, así: DBO<sub>5</sub>: 70%, DQO: 83%, T-N:63% y T-P:80% (Época de Lluvia), DBO<sub>5</sub>: 52%, DQO: 74%, T-N:53% y T-P:67% (Época Seca).

La carga contaminante anual por escorrentía de cada fuente en la cuenca alta de la laguna de Fúquene se muestra enseguida. Se considera que la época lluviosa incluye 185 días y la época seca 182 días al año.

(unidad: ton/año)

Fuente	DBO <sub>5</sub>		DQO		N-total		P-total	
	Contaminación por escorrentía	Proporción (%)						
Puntual (alcantarillado)	308.8	29.19	514.7	12.29	86.9	22.95	10.2	21.35
Puntual (industrial)*	12.4	1.17	16.8	0.40	2.9	0.77	0.8	1.53
Sub-total	321.2	30.36	531.4	12.69	89.8	23.73	11.0	22.88
No-puntual (doméstico)	2.7	0.26	9.5	0.23	0.2	0.05	0.0	0.00
No-puntual (ganadería)	689.9	65.20	3374.0	80.58	228.7	60.44	36.2	75.59
No-puntual (suelo)	44.6	4.21	272.3	6.50	59.6	15.74	0.7	1.53
Sub-total	736.8	69.64	3655.8	87.31	288.7	76.27	36.9	77.12
Total	1058.0	100.00	4187.2	100.00	378.5	100.00	47.9	100.00

\*Solo las aguas industriales que descargan directamente en el río.

### 3.3 Generación de Carga Contaminante Futura y Escorrentía

#### 3.3.1 Generación de Carga Contaminante Futura

La carga futura de contaminación No-puntual de la Ganadería, tierras y casas se estiman bajo las condiciones socioeconómicas futuras con el incremento de la ganadería y la población rural proyectada en el Apéndice, Capítulo II, Subsecciones 2.2-2.3. Las cargas contaminantes puntuales futuras generadas del alcantarillado y aguas residuales de fábricas se estiman en el Capítulo II, Subsecciones 2.3. La generación de carga contaminante futura de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-T/año P-T en el Área de Estudio (Área Objeto de la Simulación: 1,462 km<sup>2</sup>) se resume abajo.

(unidad: kg/día)				
Proyecto	Carga Contaminante (Parámetro)	Cuenca Arriba de la Laguna de Fúquene	Cuenca del Río Suárez	Total
Sin Proyecto	DBO <sub>5</sub>	77,214	49,604	126,818
	DQO	187,970	117,869	305,838
	N-T	53,415	32,823	86,238
	P-T	6,947	4,315	11,262
Con Proyecto	DBO <sub>5</sub>	76,041	46,958	122,999
	DQO	185,907	114,888	300,796
	N-T	53,065	32,380	85,445
	P-T	6,904	4,251	11,155

En la tabla anterior, “Con Proyecto” muestra el caso en donde el alcantarillado y los residuos industriales se tratan como se muestra en el Apéndice F. La generación de carga contaminante Puntual y No-Puntual futuras de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-T and P-T se muestran abajo.

(unidad: kg/día)

Parámetro	Proyecto	Fuente	Area arriba de la Laguna de Fùquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
DBO <sub>5</sub>	Sin Proyecto	Puntual	1,469	3,187	4,656	3.67
		No-Puntual	75,745	46,416	122,162	96.33
		Total	77,214	49,603	126,818	100.00
	Con Proyecto	Puntual	296	541	837	0.68
		No-Puntual	75,745	45,516	122,162	99.32
		Total	76,041	46,057	122,999	100.0
DQO	Sin Proyecto	Puntual	2,696	4,037	6,732	2.20
		No-Puntual	185,274	113,832	299,106	97.80
		Total	187,970	117,869	305,838	100.00
	Con Proyecto	Puntual	633	1,056	1,690	0.56
		No-Puntual	185,274	113,832	299,106	99.44
		Total	185,907	114,888	300,796	100.00
N-T	Sin Proyecto	Puntual	462	625	1,087	1.26
		No-Puntual	52,953	32,198	85,150	98.74
		Total	53,415	32,823	86,237	100.00
	Con Proyecto	Puntual	112	162	294	0.34
		No-Puntual	52,953	32,198	85,150	99.66
		Total	53,065	32,360	85,444	100.00
P-T	Sin Proyecto	Puntual	58	90	148	1.31
		No-Puntual	6,889	4,225	11,114	98.69
		Total	6,947	4,315	11,262	100.00
	Con Proyecto	Puntual	15	26	41	0.36
		No-Puntual	6,889	4,225	11,114	99.63
		Total	6,904	4,251	11,155	100.00

La ganadería es la fuente de generación de carga contaminante más grande en el Área de Estudio. Esta muestra un porcentaje extremadamente grande en la cuenca superior de la Laguna de Fùquene como se describe abajo.

Proyecto	Carga Contaminante (Parámetro)	Porcentaje de Ganadería (%)
Sin-Proyecto	DBO <sub>5</sub>	92
	DQO	93
	N-T	80
	P-T	97
Con Proyecto	DBO <sub>5</sub>	94
	DQO	94
	N-T	81
	P-T	98

### 3.3.2 Escorrentía de Carga Contaminante Futura

La escorrentía de carga contaminante total futura de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-T/año P-T en el Área de Estudio (área objeto de la simulación: 1,462 km<sup>2</sup>) en ambas estaciones se resume abajo. Los coeficientes de escorrentía se suponen con los mismos valores actuales.

(unidad: kg/día)

Proyecto	Estación	Carga Contaminante (Parámetro)	Cuenca Superior de la Laguna de Fùquene	Cuenca del Río Suárez	Total
Sin Proyecto	Lluviosa	DBO <sub>5</sub>	4,840	5,538	10,378
		DQO	19,370	14,282	33,652
		N-T	1,680	1,366	3,046
		P-T	216	187	403
	Seca	DBO <sub>5</sub>	2,630	3,998	6,628
		DQO	8,439	7,565	16,004
		N-T	992	947	1,939
		P-T	127	132	259
Con Proyecto	Lluviosa	DBO <sub>5</sub>	3,667	2,892	6,559
		DQO	17,308	11,301	28,609
		N-T	1,330	922	2,252
		P-T	174	123	297
	Seca	DBO <sub>5</sub>	1,457	1,351	2,808
		DQO	6,377	4,585	10,962
		N-T	642	504	1,146
		P-T	84	68	152

La escorrentía de carga contaminante total futura de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-T/año P-T por cada fuente Puntual y No-Puntual Puntual en ambas estaciones se muestran abajo. Para los detalles de cada escorrentía de carga contaminante, vea de la Tabla E.3.6 a la Tabla E.3.9.

La Ganadería es la fuente más grande de escorrentía de carga contaminante en el Área de Estudio. Esta muestra un alto porcentaje en la cuenca superior de la Laguna de Fùquene como se muestra abajo.

Proyecto	Estación	Carga Contaminante (Parámetro)	Porcentaje de Ganadería (%)
Sin Proyecto	Lluviosa	DBO <sub>5</sub>	66
		DQO	80
		N-T	59
		P-T	73
	Seca	DBO <sub>5</sub>	42
		DQO	63
		N-T	43
		P-T	54
Con Proyecto	Lluviosa	DBO <sub>5</sub>	87
		DQO	91
		N-T	75
		P-T	89
	Seca	DBO <sub>5</sub>	76
		DQO	84
		N-T	67
		P-T	80

(unidad: kg/día)

Parámetro	Proyecto	Estación	Fuente	Area superior de la Laguna de Fùquene	Cuenca del Río Suárez	Total	(%)
DBO <sub>5</sub>	Sin Proyecto	Lluviosa	Puntual	1,469	3,187	4,656	44.87
			No-Puntual	3,371	2,351	5,722	55.13
			Total	4,840	5,538	10,378	100.00
		Seca	Puntual	1,469	3,187	4,653	70.25
			No-Puntual	1,161	811	1,972	29.75
			Total	2,630	3,998	6,628	100.00
	Con Proyecto	Lluviosa	Puntual	296	541	837	12.77
			No-Puntual	3,371	2,351	5,722	87.23
			Total	3,667	2,892	6,559	100.00
		Seca	Puntual	296	541	837	29.82
			No-Puntual	1,161	810	1,971	70.18
			Total	1,457	1,351	2,808	100.00
DQO	Sin Proyecto	Lluviosa	Puntual	2,696	4,037	6,732	20.01
			No-Puntual	16,675	10,245	26,920	79.99
			Total	19,370	14,282	33,652	100.00
		Seca	Puntual	2,696	4,037	6,732	42.06
			No-Puntual	5,743	3,529	9,272	57.94
			Total	8,439	7,565	16,004	100.00
	Con Proyecto	Lluviosa	Puntual	633	1,056	1,690	5.91
			No-Puntual	16,675	10,245	26,920	94.09
			Total	17,308	11,301	28,609	100.00
		Seca	Puntual	633	1,056	1,690	15.41
			No-Puntual	5,743	3,529	9,272	84.59
			Total	6,377	4,585	10,962	100.00
N-T	Sin Proyecto	Lluviosa	Puntual	462	625	1,087	35.70
			No-Puntual	1,218	741	1,958	64.30
			Total	1,680	1,366	3,046	100.00
		Seca	Puntual	462	625	1,087	56.08
			No-Puntual	530	321	852	43.92
			Total	992	947	1,939	100.00
	Con Proyecto	Lluviosa	Puntual	112	182	294	13.06
			No-Puntual	1,218	740	1,958	86.94
			Total	1,330	922	2,252	100.00
		Seca	Puntual	112	182	294	25.68
			No-Puntual	530	322	852	74.32
			Total	642	504	1,146	100.00
P-T	Sin Proyecto	Lluviosa	Puntual	58	90	148	36.60
			No-Puntual	158	97	255	63.40
			Total	216	187	403	100.00
		Seca	Puntual	58	90	148	57.04
			No-Puntual	69	42	111	42.96
			Total	127	132	259	100.00
	Con Proyecto	Lluviosa Estación	Puntual	15	26	41	13.77
			No-Puntual	158	97	256	86.23
			Total	174	123	297	100.00
		Seca	Puntual	15	26	41	26.87
			No-Puntual	69	42	111	73.13
			Total	84	68	152	100.00

La escorrentía de carga contaminante futura anual de cada fuente en la cuenca superior de la Laguna de Fúquene se muestra abajo. En el cálculo se supone que la estación lluviosa es de 185 días y la seca de 182 días al año.

(unidad: ton/año)

Proyecto	Fuente	DBO <sub>5</sub>		DQO		N-T		P-T	
		Escorrentia	Razón (%)	Escorrentia	Razón (%)	Escorrentia	Razón (%)	Escorrentia	Razón (%)
Sin Proyecto	Puntual (Alcantarillado)	522.7	38.31	965.8	19.01	165.3	33.88	20.1	32.05
	Puntual (industrial)*	13.1	0.96	18.3	0.36	3.3	0.67	1.1	1.75
	Sub-total	536.2	39.30	984.0	19.37	168.6	34.56	21.2	33.80
	No-Puntual (doméstico)	2.7	0.20	10.1	0.20	0.2	0.04	0.0	0.00
	No-Puntual (ganadería)	779.4	57.12	3,814.4	75.08	259.2	53.13	40.6	64.75
	No-Puntual (suelo)	46.1	3.38	272.3	5.36	59.7	12.24	0.7	1.17
	Sub-total	828.2	60.70	4,096.8	80.64	319.4	65.44	41.5	66.20
Total	1,364.4	100.0	5,080.6	100.0	488.0	100.0	62.6	100.0	
Con Proyecto	Puntual (Alcantarillado)	98.2	10.49	217.5	5.03	38.7	10.74	4.7	10.07
	Puntual (industrial)*	9.9	1.05	13.5	0.31	2.2	0.61	0.7	1.55
	Sub-total	108.0	11.54	231.0	5.34	40.9	11.35	5.5	11.62
	No-Puntual (doméstico)	2.7	0.29	10.1	0.23	0.2	0.05	0.0	0.00
	No-Puntual (ganadería)	779.4	83.25	3,814.4	88.13	259.2	71.97	40.6	86.06
	No-Puntual (suelo)	45.9	4.90	272.3	6.29	59.7	16.58	0.7	1.55
	Sub-total	828.2	88.46	4,096.8	94.66	319.4	88.65	41.5	87.99
Total	936.2	100.0	4,328.0	100.0	360.2	100.0	47.1	100.0	

\*: sólo las aguas residuales industriales descargan directamente a los ríos.

### 3.4 Simulación de la Calidad del Agua

#### 3.4.1 Metodología

##### (1) General

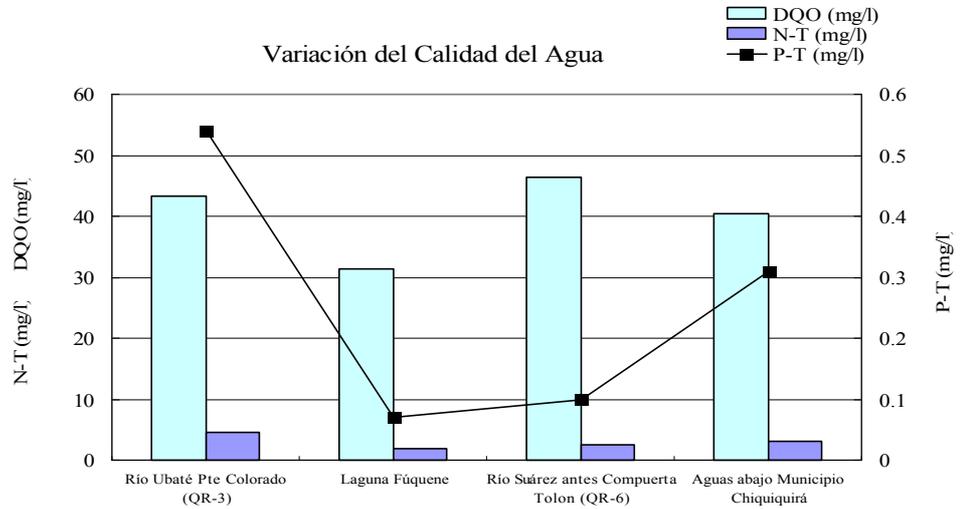
Las cargas de contaminación generadas en las cuatro (4) sub-cuencas de la parte superior de Ubaté, Suta, Cucunubá y Lenguaque descargan en Pte. Colorado a través de los efluentes respectivos. Luego, por el Río Ubaté (parte baja) a la Laguna de Fúquene. De otra parte, las cargas de contaminación en la sub-cuenca de la Laguna de Fúquene descargan directamente en la laguna. Las cargas de contaminación que llegan a la Laguna desaguan en el Río Suárez después de haber sufrido los efectos metabólicos en la Laguna.

Los efluentes de la carga contaminante de la laguna fluyen por el Río Suárez a la parte baja aguas abajo del municipio de Chiquinquirá a través de la compuerta de Tolón. Las cargas contaminantes generadas aguas abajo del municipio de Chiquinquirá por las aguas residuales de las sub-cuencas de Susa, Simijaca, Chiquinquirá, y Suárez, se descargan al Río Suárez principal.

El diagrama esquemático de escorrentía de las cargas contaminantes anteriores se muestra en la Fig. E 3.2.

La calidad del agua muestra variaciones complicadas en el curso del río entre Pte. Colorado y aguas abajo del municipio de Chiquinquirá, como se muestra a continuación. (Pte Colorado, Promedio de Laguna de Fúquene y las Compuertas de Tolón: promedio del valor observado, Aguas abajo de la ciudad de Chiquinquirá:

valor estimado. Este mecanismo se analiza en la siguiente sección. Este mecanismo será analizado una etapa posterior. En este informe, se presentan el concepto y metodología para la simulación de la calidad del agua.



(2) Simulación de la Calidad del Agua del Río Principal

El Río Ubaté (Pte. Colorado – Entrada a la laguna) tiene solo 2 kilómetros de distancia. Por lo tanto, no se asume ningún cambio de calidad del agua en esta extensión. La simulación de calidad del agua del río se hará para el Río Suárez (Desembocadura de la Laguna de Fúquene – Aguas abajo de Chiquiquira) la cual tiene una distancia de 20 km.

En el Río Suárez, la DBO<sub>5</sub> disminuye considerablemente, mientras que entre la desembocadura de la laguna y la Compuerta de Tolón la DQO aumenta. Sin embargo, el T-N y T-P escasamente varían.

Por lo tanto, la concentración de DBO<sub>5</sub> se simula en el punto objetivo con base en las siguientes ecuaciones.

Velocidad de variación de concentración DBO<sub>5</sub> :  $dC/dt = \pm KxL$

Concentración DBO<sub>5</sub> en el punto objetivo (i):  $C_i = L_i/Q_i$

Donde:

- C: Concentración DBO<sub>5</sub> (mg/l)
- C<sub>i</sub>: Concentración DBO<sub>5</sub> en el punto objetivo (i) (mg/l)
- K: Coeficiente de variación de la velocidad (1/día)
- L<sub>i</sub>: Carga contaminante en el punto objetivo (i) (kg/día)
- Q<sub>i</sub>: Tasa de flujo del río en el punto objetivo (i) (m<sup>3</sup>/s)

Las Concentraciones de DQO, T-N y T-P en el punto objetivo (i) se simulan con la siguiente ecuación: :

Concentración DQO/T-N/T-P en el punto objetivo (i):  $C_i = L_i/Q_i$

Donde:

C<sub>i</sub>: Concentración T-N/T-P en el punto objetivo (i) (mg/l)

L<sub>i</sub>: Carga contaminante en el punto objetivo (i) (kg/día)

Q<sub>i</sub>: Tasa de flujo del río en el punto objetivo (i) (m<sup>3</sup>/s)

(3) Simulación del Agua de la Laguna

(a) General

La calidad del agua de la Laguna se evaluará bajo los parámetros de las cargas de DQO, T-N y T-P. La DQO, T-N y T-P que llegan a La laguna desde el Río Ubaté y la sub-cuenca de la laguna de Fúquene. Desaguan en el Río Suárez a través del proceso metabólico de la Laguna que incluye descomposición, sedimentación en el lecho, absorción por plantas acuáticas, (Transfiere a la parte externa de la Laguna) y liberación desde el fondo.

Este proceso metabólico se muestra en la Fig.E.3.9. En esta simulación, la variación de la calidad del agua debido a la producción y descomposición de plancton no se consideró porque la población existente de plancton es muy pequeña.

La calidad del agua de para DQO, T-N y T-P será medida calculando el balance de entrada, salida, descomposición, sedimentación, absorción y liberación de cargas, respectivamente.

(b) Fórmula de Simulación de Calidad del Agua de la Laguna Adoptada

El modelo de Vollenweider se adoptó para la simulación de la contaminación del agua de la laguna en términos de DQO, N-T/año P-T. La fórmula adoptada es la siguiente.

$$C_N = L(N) / ((w + N) \times V)$$

$$C_P = L(P) / ((w + P) \times V)$$

$$C_{DQO} = L(DQO) / ((w + DQO) \times V)$$

Donde:

C<sub>N</sub> : Concentración de nitrógeno de la laguna (mg/l)

C<sub>P</sub> : Concentración de fosfato de la laguna (mg/l)

C<sub>DQO</sub>: Concentración de DQO de la laguna (mg/l)

L(N): Cantidad de N-T del influente a la laguna y liberación desde el sedimento del lecho de la laguna (g/día)

L(P): Cantidad de P-T del influente a la laguna y liberación desde el sedimento del lecho de la laguna (g/día)

L(DQO): Cantidad de DQO del influente a la laguna y liberación desde el sedimento del lecho de la laguna. (g/día)

w: Rata de cambio del agua de la laguna (influyente anual/volumen de la laguna o l/tiempo de retención )

N: Coeficiente de autopurificación (reducción) o producción de N-T

P: Coeficiente de autopurificación (reducción) o producción de P-T

DQO: Coeficiente de autopurificación (reducción) o producción de DQO

V: Volumen de la laguna

Las siguientes suposiciones se hicieron en la aplicación de la anterior fórmula:

- (i) La temperatura de la Laguna es constante a 17 durante todo el año.
- (ii) La calidad del agua de la Laguna esta completamente mezclada.
- (iii) El agua de la laguna está bajo una condición hidráulica estacionaria.

### 3.4.2 Calidad del Agua Simulada

#### (1) Calidad del Agua Existente en el Río

La calidad del agua del río principal en cuanto al 75% de caudal probable se calcula como sigue: Coeficiente de escorrentía ( $R_1$ ) de carga contaminante No-Puntual en el momento de descarga probable del 75% son: DBO<sub>5</sub>/DQO: 0.017, N-T/P-T: 0.007.

Parámetro	Unidad	Río Ubaté			Río Suárez*	
		Después Confluencia Río Suta	Pte.Colorado	Compuerta Tolón	Después del Municipio Chiquinquirá	Después del Municipio de Chiquinquirá
Descarga	m <sup>3</sup> /s	0.60	1.14	1.15	1.50	0.35
DBO <sub>5</sub>	mg/l	13.6	5.27	3.22	17.7	69.8
DQO	mg/l	37.3	31.1	63.6	72.9	103.6
T-N	mg/l	5.50	4.37	5.26	7.66	15.6
T-P	mg/l	0.69	0.54	0.62	0.90	1.85

\*: Cuando las compuertas de Tolón están cerradas.

#### (2) Calidad del Agua Futura de los Rios

La calidad del agua futura de los principales rios en el momento de descarga probable del 75% se calcula abajo. Los coeficientes de escorrentía ( $R_1$ ) de la carga contaminante No-Puntual al momento de descarga probable del 75% son los mismos valores que en el caso presente.

Proyecto	Parámetro	Unidad	Río Ubaté			Río Suárez *	
			Despuès de la Confluencia del Río Suta	Pte. Colorado	Compuertas de Tolòn	Despuès de Chiquinquirá	Despuès de Chiquinquirá *
Sin Proyecto	Descarga	m <sup>3</sup> /s	0.60	1.14	1.15	1.50	0.35
	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20.9	7.89	3.47	20.6	82.0
	DQO	mg/l	53.2	44.6	68.5	81.0	122.0
	N-T	mg/l	8.49	6.59	5.77	8.67	18.2
	P-T	mg/l	1.07	0.78	0.69	1.02	2.10
Con Proyecto	Descarga	m <sup>3</sup> /s	0.60	1.14	1.15	1.50	0.35
	DBO <sub>5</sub>	mg/l	9.59	3.94	2.77	5.31	16.0
	DQO	mg/l	27.4	27.3	60.8	56.2	41.1
	N-T	mg/l	4.02	3.58	4.56	5.01	6.51
	P-T	mg/l	0.52	0.47	0.42	0.50	0.77

\*: Cuando las compuertas de Tolòn estàn cerradas.

Como se muestra en la tabla anterior, la calidad del agua futura “Con Proyecto” satisficria las normas de la CAR (clase-A DBO<sub>5</sub> 5mg/l) en Puente Colorado y Compuertas de Tolòn. Sin embargo, inmediatamente despuès de la confluencia del Río Suta y despuès de la ciudad de Chiquinquirá, no cumplirá la norma clase-A, pero sí la norma de clase-B (DBO<sub>5</sub> 10mg/l).

### 3.4.3 Calidad Simulada del Agua de la Laguna

#### (1) Condición Actual de la Laguna

El análisis de la contaminación de la Laguna se condujo bajo las siguientes condiciones.

##### (a) Características Hidrológicas

Las características hidrológicas de la Laguna de Fùquene son las numeradas abajo.

Clasificación	Valor
Promedio de Descarga en el Río Ubaté Pte Colorado (m <sup>3</sup> /s)	4.24
Influente Anual del Agua a la Laguna de Fùquene (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año)	183.6
Volumen del Agua de la Laguna en el Nivel Promedio (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	50.0
Area Superficial de la Laguna (km <sup>2</sup> )	29.8

##### (e) Calidad del Agua Promedio

La calidad del agua del Río Ubaté (Pte Colorado) y la Laguna de Fùquene se muestran abajo.

Paràmetro	Calidad del Agua Promedio del Río Ubaté Pte Colorado (QR-3)	Calidad del Agua Promedio de la Laguna de Fùquene	Observaciones
DQO(mg/l)	43.4	31.4	
N-T (mg/l)	4.54	1.83	
P-T (mg/l)	0.54	0.07	

Como se mostrò arriba, las concentraciones de N-T y P-T son mucho mas bajas que las del Río Ubaté. Esto se considera debido a la reducciòn por sedimentaciòn primaria/secundaria, la descomposiciòn por denitrificaciòn del nitrògeno y la gran absorciòn por las plantas acuàticas, todas estas en gran proporciòn.

(f) Influyente y Efluente de la Carga Contaminante

Se estiman abajo el influente y efluente de la carga contaminante anual. Estas cargas contaminantes se obtienen de la razòn de flujo anual y del promedio de la calidad del agua de los Rios/Lagos.

Paràmetro	Influente de Carga Contaminante Anual (ton/año)	Efluente de Carga Contaminante Anual (ton/año)	Observaciones
DQO	4,187	5,765	
N-T	378.5	336.0	
P-T	47.9	12.9	

(2) Balance de la Carga Contaminante

El balance de la carga contaminante anual en la Laguna se resume abajo.

Fuente		DQO (ton/año)	N-T (ton/año)	P-T (ton/año)
Producciòn	Influente de Carga Contaminante	4,187	378.5	47.9
	Liberaciòn de Carga Contaminante	9,789	652.6	6.0
	<b>Producciòn Total de Contaminantes</b>	<b>13,976</b>	<b>1,031</b>	<b>53.9</b>
Reducciòn	Efluente de Carga Contaminante	5,765	336.0	12.9
	Absorciòn de Nutrientes por las Plantas Acuàticas	-	25.6	1.8
	Sedimentaciòn Primaria en la Boca del Río Ubaté	619	179.3	36.0
	Sedimentaciòn Secundaria en la Laguna	1,621	85.9	2.8
	Descomposiciòn en la Laguna	5,928	367.9	-
	<b>Reducciòn Total de Contaminantes</b>	<b>13,933</b>	<b>995</b>	<b>53.5</b>

(a) Liberaciòn de Carga Contaminante desde el Sedimento del Lecho de la Laguna

La rata de liberaciòn de DQO, N-T, y P-T desde el sedimento del lecho de la laguna se calcula en el Apèndice E Sub-secciòn 1.1.4. La liberaciòn de carga contaminante anual se muestra abajo.

Paràmetro	Calidad del depòsito T/año (mg/g seco)	Razón de liberación (mg/m <sup>2</sup> /día)	Liberación de Carga Contaminante Anual (ton/año)
DQO	87.1	900	9,789
N-T	4.60	60	652.6
P-T	0.15	0.55	6.0

Como se muestra arriba, la liberación de carga contaminante de DQO y N-T desde el sedimento del lecho de la Laguna es más grande que el influente de carga contaminante. Sin embargo, la liberación de carga contaminante de P-T es más pequeña que el influente de carga contaminante.

(b) Contenido de Nutrientes de las Plantas Acuáticas

El contenido de nutrientes en las plantas acuáticas fue analizado por el equipo de estudio como se muestra abajo.

No.	Plantas Acuáticas	Contenido del Agua(%)	Contenido de Ceniza(%)	N (%)	P (%)
1	Elodea	92.2	20.8	2.85	0.23
2	Buchòn	91.0	16.8	1.84	0.13
3	Juncos	76.9	7.4	1.03	0.05

‰: Peso Seco

En la simulación de calidad del agua de esta laguna, se emplea el contenido de nutrientes analizado por este equipo de estudio.

(c) Absorción de Nutrientes por las Plantas Acuáticas

La mayor presencia de plantas acuáticas en la Laguna son el Buchòn, la Elodea y el Junco. El Junco absorbe nutrientes unicamente desde el sedimento del lecho de la Laguna, La Elodea los toma tanto del sedimento como del agua de la Laguna y, el Buchòn, absorbe solamente del agua de la laguna. En este reporte, se simula solamente el balance de carga contaminante en el agua de la Laguna. Así, el Junco y la Elodea están excluidas de la simulación porque:

- (i) El Junco no toma nutrientes del agua de la Laguna.
- (ii) Las ratas de crecimiento y mortalidad anuales de la Elodea se consideran balanceadas. De donde la liberación y absorción de nutrientes están balanceadas.

El área del Buchòn se estima que se incrementa a una razón del 2% del área existente cada año. Vea el Apèndice G Capitulo IV Sub-sección 4.2.1. El incremento anual del área del Buchòn se calcula al presente en  $697 \text{ ha} \times 0.02 = 13.9 \text{ ha}$ . El contenido de agua del Buchòn se asume en el 90%.

Así, el incremento del Buchòn en la Laguna consumirá las siguientes cantidades de N y P por año:

$$N = 100 \text{ kg/m}^2 \times 13.9 \text{ ha} \times 10\% \times 1.84\% = 25.6 \text{ ton/año}$$

$$P = 100 \text{ kg/m}^2 \times 13.9 \text{ ha} \times 10\% \times 0.13\% = 1.8 \text{ ton/año}$$

(d) Sedimentación Primaria en la Boca del Río Ubaté

La sedimentación primaria se define como la sedimentación en la boca del Río Ubaté. Generalmente, la razón de sedimentación primaria de contaminantes es relativamente alta en la boca del río. Esto se considera debido a la sedimentación de partículas (Sólidos Suspendidos) contenidos en el agua del río. La mayoría de las partículas de gran tamaño se remueven por sedimentación antes del influente a la Laguna debido a la baja velocidad en la boca del río. Este fenómeno se observa en lagos típicamente eutróficos en Japón, por ejemplo el lago Teganuma y el lago Kasumigaura<sup>-3)</sup>. Especialmente, la sedimentación primaria de P-T se espera que sea más alta que en los otros parámetros.

En este estudio, la rata de sedimentación primaria se estima por comparación entre la calidad del agua promedio en el Río Ubaté Pte. Colorado y la boca del Río Ubaté en la Laguna de Fúquene. La razón de sedimentación primaria de contaminantes se calcula abajo.

Parámetro	Concentración Promedia de Contaminantes		Razón de Sedimentación Primaria (%)	Calidad de la Sedimentación Primaria Anual (ton/año)
	Río Ubaté (Pte Colorado)	Laguna Fúquene (Boca del Río Ubaté)		
	QR-3 (mg/l)	QL-1 (mg/l)		
DQO	39.2	33.3	15.0	618.9
N-T	4.55	2.34	48.5	179.3
P-T	0.49	0.12	76.2	36.0

(e) Sedimentación Secundaria en la Laguna

La sedimentación secundaria se define como la sedimentación en la Laguna. La reducción de carga contaminante por sedimentación secundaria en la Laguna se estima basados en los resultados de la prueba de sedimentación y la calidad de los depósitos observadas. La calidad de sedimentación secundaria se calcula abajo.

Parámetro	Razón Promedio de Sedimentación de Partículas		Calidad de Depósito Promedio (mg/g seco)	Razón de Sedimentación Secundaria (ton/año)
	Razón Diaria (g/m <sup>2</sup> /día)	Razón Anual (g/m <sup>2</sup> /año)		
	SS	1.71		
DQO	-	-	87.1	1,621
N-T	-	-	4.60	85.9
P-T	-	-	0.15	2.8

(f) Descomposición en la Laguna

La concentración de sustancias orgánicas (DQO) serán reducidas por descomposición biológica en el agua de la Laguna. Por otro lado, la concentración de nitratos (NO<sub>3</sub>) y nitritos (NO<sub>2</sub>) se reducirá también por la interfase de denitrificación entre el lecho de la Laguna y el agua de la misma.

La descomposició del fòsforo se considera despreciable.

(i) DQO

Generalmente, las Sustancias Orgánicas en las lagunas eutróficas son difícilmente biodegradables. La razón de descomposición biológica de DQO(Mn) en las lagunas eutróficas se reporta en 0.007 (1/día) a 20 de temperatura del agua basados sobre análisis experimentales<sup>-4</sup>. Por otro lado, la rata de descomposición de DQO varia dependiendo de la temperatura del agua como se muestra abajo.

$$K=K_{20} \times \theta^{T-20}$$

Donde

K : DQO Rata de descomposición a T

K<sub>20</sub>:Rata de descomposición de DQO a 20

θ : Coeficiente Térmico

El coeficiente térmico θ está en el rango de 1.047-1.103 (valor promedio 1.077) de acuerdo con estudios previos<sup>-5</sup>. Por tanto, la razón de descomposición de DQO (Cr) en la Laguna de Fùquene se supone en 0.0056 (1/día) a 17 . La cantidad de descomposición anual de DQO (Cr) se calcula en 5,928 ton.

(ii) Nitrogeno

La concentración de N-T en el agua de la Laguna gradualmente decrece hasta la salida debido a la denitrificación. Generalmente, la razón de denitrificación en la laguna depende de la temperatura del agua, la calidad del agua de la Laguna, características hidráulicas, etc.

La razón de denitrificación de la Laguna se supone en el 36% referido al caso de la Laguna de Teganuma, Japón<sup>-3</sup>. Usando este valor, la cantidad anual de denitrificación en la Laguna de Fùquene se estima en 367.9 ton/año.

(3) Coeficiente de Autopurificación en la Laguna de Fùquene

Basado en el modelo de Vollenweider dado en la subsección 3.4.1 (3), los coeficientes de autopurificación para cada parámetro se calculan abajo. Estos valores de los coeficientes se adoptan para las proyecciones de la futura calidad del agua de la Laguna.

Parámetro	Unidad	Coefficiente de Autopurificación	Observaciones
DQO	(1/día)	0.014	
N-T	(1/día)	0.021	
P-T	(1/día)	0.032	

(4) Calidad Futura del Agua de la Laguna y Balance de la Carga Contaminante

(a) Calidad Futura del Agua de la Laguna

La calidad futura del agua de la Laguna se simula basados en la producción total futura de contaminantes. La producción total futura de contaminantes se muestra abajo. En esta tabla, la liberación de carga contaminante se supone en la misma cantidad que la existente en la actualidad.

Fuente	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	DQO (ton/año)	N-T (ton/año)	P-T (ton/año)	DQO (ton/año)	N-T (ton/año)	P-T (ton/año)
Influyente de Carga Contaminante	5,081	488.0	62.6	4,328	360.2	47.1
Liberación de Carga Contaminante	9,789	652.6	6.0	9,789	652.6	6.0
Producción Total de Contaminantes	14,870	1,141	68.6	14,117	1,013	53.1

La calidad promedio futura del agua de la Laguna se calcula abajo.

Parámetro	Unidad	Calidad del Agua	Calidad del Agua	Calidad del Agua
		Actual	Futura (Sin Proyecto)	Futura (Con Proyecto)
DQO	Mg/l	31.4	33.4	31.7
N-T	Mg/l	1.83	2.02	1.79
P-T	Mg/l	0.07	0.09	0.07

En este cálculo, los coeficientes de autopurificación se suponen los mismos actuales.

Como se muestra arriba, la calidad del agua futura de la Laguna permanecerá altamente eutrófica a pesar del tratamiento de las aguas residuales de las fuentes puntuales. Esto es debido a la gran carga contaminante de las fuentes No-puntuales, las cuales estarán sin tratar aún en el futuro.

(b) Balance de la Carga Contaminante Futura

El balance de la carga contaminante anual futura en la Laguna se resume abajo. En esta tabla, la absorción de nutrientes futura por las plantas acuáticas y la sedimentación secundaria en la Laguna se asume en el mismo valor que en el presente.

Fuente	Sin Proyecto			Con Proyecto			
	DQO (ton/año)	N-T (ton/año)	P-T (ton/año)	DQO (ton/año)	N-T (ton/año)	P-T (ton/año)	
Producción	Influente de Carga Contaminante	5,081	488.0	62.6	4,328	360.2	47.1
	Liberación de Carga Contaminante	9,789	652.6	6.0	9,789	652.6	6.0
	Producción Total de Contaminantes	14,870	1,141	68.6	14,117	1,013	53.1
Reducción	Efluente de Carga Contaminante	6,132	370.9	16.5	5,820	338.6	12.9
	Absorción de Nutrientes por las Plantas Acuáticas	-	25.6	1.8	-	25.6	1.8
	Sedimentación Primaria en la Boca del Río Ubaté	762	236.7	47.7	649	174.7	35.9
	Sedimentación Secundaria en la Laguna	1,621	85.9	2.8	1,621	85.9	2.8
	Descomposición en la Laguna	6,335	410.8	-	6,014	364.7	-
	Reducción Total de Contaminantes	14,850	1,130	68.8	14,101	980	53.4

## REFERENCIA

- 1) Toshiko Nakamura et al, Variaciòn estacional del fitoplancton en el sur del lago Biwa, Journal of Water and Waste, Vol. 39 No.11 (1997)
- 2) Reporte de Calidad del Agua en el lago Kasumigaura, Japòn (1995).
- 3) Masaaki Hosomi y Ryuichi Sudo, Balance de tres años del agua, nitrògeno y fòsforo para el lago Teganuma, Journal of Japan Society on Water Environment Vol. 15 No.2 105-112 (1992)
- 4) Shigeo Fujii, Isao Somiya, and Yoshihiro Kokura, Cuantificaciòn de la actividad de descomposiciòn bacterial en aguas eutroficadas, Journal of Japan Society on Water Environment Vol. 14 No.5 335-342 (1991)
- 5) Shigeo Fujii, Isao Somiya, and Toshiyuki Shiraki, Estudio del efecto de autopurificaciòn por fito y zooplancton en aguas eutroficadas, Journal of Japan Society on Water Environment Vol. 14 No.7 469-478 (1991)

Tabla E.1.1 Información Existente sobre Calidad del Agua (Laguna de Fùquene)-1/4

Año	1994			1996			1997						
	Centro	Cerca Salida Suárez	Promedio	Centro	Cerca Salida Suárez	Promedio	Cerca de la Desembocadura Ubaté	Centro	Cerca Salida Suárez	Desembocadura del Ubaté	Centro	Cerca Salida Suárez	Desembocadura del Ubaté
Fecha Recolección	1994.5.25	1994.5.25		1996.8.20	1996.8.20		1996.8.20	1997.5.23	1997.5.23	1997.5.23	1997.5.23	1997.5.23	1997.7.25
Hora de Toma	10:30	10:40		15:00	15:00		15:00	14:00	14:00				
Tipo de agua	Superficial	Superficial		Superficial	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial
Temperatura agua(°C)	17.0	17.0	17.0	14.5	15.7	17.0	16.4	16.2	15.4	15.4	16.3	16.3	
pH	7.0	6.8	6.9	7.7	7.8	6.9	7.5	7.4	7.6	7.6	7.9	6.8	7.0
OD(O <sub>2</sub> Disuelto) (mg/l)	7.50	8.30	7.90	8.3	2.6	7.6	7.6	8.0	6.6	6.6	6.6	6.6	
DBO <sub>5</sub> (mg/l)				2.0	6.2	4.2	4.2	3.0	3.9	3.9	2.0	1.0	2.0
DQO (mg/l)				19.0	31.1	50.0	50.0	47.3	36.8	36.8	18.0	18.0	23.0
SS(mg/l)				4.0	10.0	2.0	2.0	0.0	4.0	4.0	2.0	1.0	4.0
Pb (mg/l)				0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
Zn (mg/l)				0.04	0.02	0.03	0.03	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Hg (mg/l)													
Cr (mg/l)													
Fenoles (mg/l)													
NH <sup>4+</sup> (mg/l)				0.87	0.7	0.98	0.98	0.69	0.81	0.81	0.84	0.6	0.41
NO <sub>3</sub> (mg/l)				0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.02	0.91	0.009
NO <sub>2</sub> (mg/l)				0.004	0.003	0.005	0.005	0.008	0.005	0.005	0.00	0.00	0.009
N-kjeldal (mg/l)				3.23	1.09	2.80	2.80	4.20	2.83	2.83	0.000	0.00	0.00
N-org (mg/l)													
N-total (mg/l)				3.33	1.39	2.91	2.91	4.41	3.01	3.01	0.90	1.90	1.30
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)				0.04	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00
P-total (mg/l)				0.07	0.04	0.09	0.09	0.05	0.06	0.06	0.16	0.15	0.09
Fe-total (mg/l)	1.96	2.17	2.07	1.02	0.94	1.35	1.35	0.67	1.00	1.00	0.72	0.42	0.48
Mg (mg/l)				1.98	1.90	2.41	2.41	2.42	2.18	2.18			
Mn (mg/l)													0.09
ST (mg/l)				36	136	128	128	120	105.0	105.0	88	88	94
SD (mg/l)				32	126	126	126	120	101.0	101.0	86	87	90
Al (mg/l)				0.27	0.09	0.44	0.44	0.36	0.29	0.29			
Accites/Grasas (mg/l)											3.7	5.6	3.1
Sulfatos (mg/l)											3.5	7.9	6.5
Detergentes (mg/l)	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.000	0.000	0.000
Pesticidas (mg/m <sup>3</sup> )													
Acidez total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)				2.4	5.7	3.8	3.8	1.0	3.2	3.2	0.000	0.000	4.1
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)				29.1	25.0	30.4	30.4	26.7	27.8	27.8	27.0	27.0	14.8
CE(mS/cm)	50.0	50.0	50.0	125.0	89.0	137.0	137.0	123.0	118.5	118.5	27.0	27.0	70.6
Cloro (mg/l)				13.4	13.9	15.6	15.6	17.5	15.1	15.1			73.2
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )													2.3
Turbidez (NTU)	17.0	15.0	16.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0			45.0
Dureza Total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)				67.4	73.2	72.6	72.6	74.4	71.9	71.9	44.0	48.0	20.4
Coliformes Totales(NMP/100ml)	<30x10 <sup>4</sup>	<30x10 <sup>2</sup>	<30x10 <sup>2</sup>	<30x10 <sup>2</sup>			93x10 <sup>2</sup>						
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	<30x10 <sup>4</sup>	<30x10 <sup>2</sup>	<30x10 <sup>2</sup>	<30x10 <sup>2</sup>			93x10 <sup>2</sup>						

Tabla E.1.1 Información Existente sobre Calidad del Agua (Laguna de Fúquene)-2/4

Año	1997			1998			1999			1994-1999		
	Desembocadura del Ubaté	Promedio	Desembocadura del Ubaté	Isla	Cerca Salida Suárez	Promedio	Desembocadura del Ubaté	Isla	Cerca Salida Suárez	Promedio	Máximo	Mínimo
Fecha de Recolección	1997.7.25		1998.12.3	1998.12.3	1998.12.3		1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25			
Hora de Toma			9:40	9:35	10:05		11:25	11:50	11:40			
Tipo de agua	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial			
Temperatura agua (°C)			19.0	19.0	19.0		20.0	18.0	20.0	19.3	17.7	15.3
pH	6.7	7.2	7.3	7.2	6.6	7.0	7.4	7.1	6.9	7.1	7.2	6.6
OD(O <sub>2</sub> Disuelto) (mg/l)		6.6	5.2	7.2	6.6	6.3	12.1	4.8	0.9	5.9	6.4	0.9
DBO <sub>5</sub> (mg/l)		2.3	1.8	5.5	1.2	2.8	2.8	2.1	1.1	2.0	2.5	1.0
DQO (mg/l)		19.0									25.6	17.0
SS(mg/l)	0.0	9.9	4.0	8.0	4.0	5.3	17.0	5.0	6.0	9.3	44.0	0.0
Pb (mg/l)		0.00									0.01	0.00
Zn (mg/l)											0.03	0.03
Hg (mg/l)		0.0000									0.0000	0.0000
Cr (mg/l)		0.00									0.00	0.00
Fenoles (mg/l)		0.000									0.000	0.00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.65	0.59	0.18	0.27	0.20	0.22	0.59	0.31	0.78	0.56	0.84	0.00
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.002	0.140	1.30	5.10	3.40	3.27	0.00	0.10	0.10	0.07	0.8	5.1
NO <sub>2</sub> (mg/l)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.000
N-kjeldal (mg/l)			1.3	1.6	1.0	1.3	2.2	1.9	1.5	1.9	2.0	1.0
N-org (mg/l)							1.6	1.6	0.7	1.3	1.6	0.7
N-total (mg/l)		1.33					2.20	2.00	1.60	1.94	1.98	0.90
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.015	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
P-total (mg/l)	0.00	0.11	0.06	0.04	0.07	0.06	0.18	0.20	0.06	0.15	0.10	0.00
Fe-total (mg/l)	0.31	0.73									0.75	0.31
Mg (mg/l)											2.30	2.18
Mn (mg/l)	0.14	0.21									0.21	0.09
ST (mg/l)	64	86									91	64
SD (mg/l)		87									93	85
Al (mg/l)											0.33	0.29
Acetates/Grasas (mg/l)		6.3									6.3	3.1
Sulfatos (mg/l)		7.53									7.5	3.5
Detergentes (mg/l)											0.0	0.0
Pesticidas (mg/m <sup>3</sup> )		0.000									0.0	0.0
Acidez total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	3.9	3.2									0.0	0.0
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	31.1	26.8								2.8	4.1	1.0
CE(mS/cm)	103.0	94.3	93.0	85.0	100.0	92.7	207	119	174	167	26.9	14.8
Cloro (mg/l)	296.1	308.8									211.3	70.6
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	0.87	3.1					14.763	8.606	1.846	8.405	5.731	0.870
Turbidez (NTU)	1.3	17.2	6.7	13.0	17.0	12.2	32.0	14.0	11.0	19.0	15.3	1.3
Dureza Total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	29.8	42.6	62.0	46.6	61.2	56.6	89.6	63.8	87.8	80.4	89.6	20.4
Coliformes Totales(NMP/100ml)	45 × 10 <sup>2</sup>		43 × 10 <sup>2</sup>	36 × 10	46 × 10 <sup>2</sup>		91 × 10 <sup>2</sup>	36 × 10 <sup>2</sup>	<30 × 10 <sup>2</sup>			
Coliformes fecales (NMP/100ml)	91 × 10		<30 × 10	<30 × 10	<30 × 10		<30 × 10 <sup>2</sup>	<30 × 10 <sup>2</sup>	<30 × 10 <sup>2</sup>			

Tabla E.1.1 Información Exsistente sobre Calidad del Agua (Rios)-3/4

Cuenca	Ubaté										Otros Rios Afluentes											
	Ubaté					Lenguazaque					Q.Honda		Q.Momroy		Q.Tagusa		Q.Calaboza		Q.Cucunuba		Q.Malvinas	
	Parte Final	Parte Final	Promedio	Maximo	Minimo	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Nombre de Rio	1996.8.20	1997.7.25	1998.12.3	1999.3.25	14:30	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25
Sitio de Muestreo	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Fecha Recolección	1996.8.20	1997.7.25	1998.12.3	1999.3.25	14:30	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25	1999.3.25
Hora de Toma	9:45	9:45	9:45	9:45	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30
Tipo de agua	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Temperatura agua(°C)	15.7	14.0	18.5	17.0	17.0	16.3	18.5	14.0	14.0	16.0	15.0	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7
pH	7.8	6.8	6.9	6.8	7.1	7.1	7.8	6.8	6.8	6.4	7.0	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
OD(O <sub>2</sub> Disuelto) (mg/l)	2.6	3.6	3.0	7.3	4.1	4.1	7.3	2.6	2.6	4.1	9.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	6.2	3.3	3.3	2.0	3.8	3.8	6.2	2.0	2.0	3.8	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
DQO (mg/l)	31.1	44.0	4.0	21.0	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Pb (mg/l)	10.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Zn (mg/l)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Hg (mg/l)																						
Cr (mg/l)																						
Fenoles (mg/l)																						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.70	0.41	1.08	0.85	0.76	0.76	1.08	0.41	0.41	0.76	0.63	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.30	0.08	0.023	0.019	0.123	0.123	0.08	0.023	0.023	0.123	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.003	0.008	0.023	0.019	0.013	0.013	0.008	0.023	0.023	0.013	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
N-kjeldal (mg/l)	1.09	1.50	2.50	2.00	1.77	1.77	1.50	2.00	2.00	1.77	1.30	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
N-org (mg/l)	0.7	0.7	0.7	1.2	1.0	1.0	0.7	1.2	1.2	1.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
N-total (mg/l)	1.39	1.39	1.39	2.22	3.11	3.11	1.39	2.22	2.22	3.11	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.01	0.09	0.13	0.11	0.09	0.09	0.01	0.11	0.11	0.09	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
P-total (mg/l)	0.04	0.19	0.24	0.25	0.18	0.18	0.04	0.25	0.25	0.18	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fe-total (mg/l)	0.94	1.96	1.22	1.56	1.45	1.45	0.94	1.56	1.56	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mg (mg/l)	1.9	1.22	0.09	0.09	0.09	0.09	1.9	1.22	1.22	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Mn (mg/l)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
ST (mg/l)	136	94	94	94	115	115	136	94	94	115	69	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
SD (mg/l)	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	54	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
Al (mg/l)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aceites/Grasas (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfatos (mg/l)																						
Detergentes (mg/l)																						
Pesticidas (mg/m <sup>3</sup> )																						
Acidez total (CaCO <sub>3</sub> -mg/l)	5.7	4.1	4.1	4.1	4.9	4.9	5.7	4.1	4.1	4.9	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> -mg/l)	25.0	14.8	14.8	14.8	19.9	19.9	25.0	14.8	14.8	19.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
CE(mS/cm)	89.0	70.6	106	227	123.2	123.2	106	227	227	123.2	69.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0
Cloro (mg/l)	13.9	2.3	2.3	2.3	13.9	13.9	2.3	2.3	2.3	13.9	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	<10	45.0	15.0	32.0	30.7	30.7	45.0	15.0	15.0	30.7	6.7	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
Turbidez (NTU)	73.2	20.4	50.4	81.8	56.5	56.5	20.4	81.8	20.4	56.5	30.2	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Dureza Total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	<30x10 <sup>4</sup>	93x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	91x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>4</sup>	23x10 <sup>2</sup>										
Coliformes Totales(NMP/100ml)	<30x10 <sup>4</sup>	93x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	91x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>4</sup>	23x10 <sup>2</sup>										
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	<30x10 <sup>4</sup>	93x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	91x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>4</sup>	91x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>4</sup>	23x10 <sup>2</sup>										

Tabla E.1.1 Información Existente sobre Calidad del Agua (Rios)-4/4

Cuenca		Suárez											
Nombre de Río	Susa Parte Final	Simijaca Parte Final	Antes Computera Tolón		Antes Computera Tolón		Antes Computera Tolón		Suárez Punte la Balsa		Promedio	Máximo	Mínimo
			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial			
Fecha Recoleccion	1996.10.4	1996.10.4	1993.12.2	1996.10.4	1998.12.3	1999.3.25	1993.12.2	14:40					
Hora de Toma	15:00	13:30	14:45	12:00	10:40	13:05	14:40						
Tipo de agua	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial						
Temperatura agua(°C)	21.0	21.0	16.0	19.7	18.2	16.0	16.0	16.0	17.5	19.7	16.0		
pH	7.7	7.3	5.4	7.8	6.8	6.8	5.2	5.4	6.7	7.8	5.4		
ODI(O <sub>2</sub> Disuelto) (mg/l)	1.7	0.0		5.4	5.3	1.0			3.9	5.4	1.0		
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5.0	3.0	3.0	2.0	1.5	1.6	1.0	1.0	2.0	3.0	1.5		
DOO (mg/l)	12.0	30.0	45.0	47.0			41.0	41.0	46.0	47.0	45.0		
SS(mg/l)	10.0	22.0	242.0	0.0	8.0	9.0	234.0	234.0	64.8	242.0	0.0		
Pb (mg/l)													
Zn (mg/l)													
Hg (mg/l)													
Cr (mg/l)													
Fenoles (mg/l)													
NH <sup>4+</sup> (mg/l)	4.04	1.08	0.48	0.50	1.03	0.32	0.48	0.48	0.58	1.03	0.32		
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.44	0.50		0.73	4.30	0.10			1.71	4.30	0.10		
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.000	0.000		0.000	0.000	0.004			0.001	0.004	0.000		
N-kiehdad (mg/l)	5.47	2.75	1.32	2.42	1.80	1.70	1.92	1.92	1.81	2.42	1.32		
N-org (mg/l)						1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4		
N-total (mg/l)	5.91	3.25		3.15	6.10	1.80			3.68	6.10	1.80		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)			0.07		0.03	0.35	0.05	0.05	0.15	0.35	0.03		
P-total (mg/l)	0.70	0.37	0.06	0.06	0.06	0.52	0.05	0.05	0.18	0.52	0.06		
Fe-total (mg/l)	3.48	5.78	2.88	2.57			3.65	3.65	2.73	2.88	2.57		
Mg (mg/l)													
Mn (mg/l)													
ST (mg/l)	110	108	258	136			260	260	197	258	136		
SD (mg/l)	100	86	16	136			26	26	76	136	16		
Al (mg/l)			26.7	7.4			2.1	2.1	17.1	26.7	7.4		
Acetes/Grasas (mg/l)													
Sulfatos (mg/l)													
Detergentes (mg/l)	0.46	0.07		0.00					0.00	0.00	0.00		
Pesticidas (mg/m <sup>3</sup> )													
Acides total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	9.1	8.1	19.0				12.2	12.2	19.0	19.0	19.0		
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)			33.0				15.3	15.3	33.0	33.0	33.0		
CE(mS/cm)	245.0	220.0		257.0	116.0	172.0			181.7	257.0	116.0		
Cloro (mg/l)	56.5	56.6		39.1					39.1	39.1	39.1		
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )													
Turbidez (NTU)													
Dureza Total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	49.8	111.8		46.0	28.0	82.0			25.0	28.0	22.0		
Coliformes Totales(NMP/100ml)	94×10 <sup>2</sup>	36×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>3</sup>	36×10 <sup>2</sup>	46×10 <sup>2</sup>	1.1×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>3</sup>	64.7	82.0	46.0		
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	<30×10 <sup>2</sup>	<36×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>2</sup>	73×10	36	<36×10 <sup>3</sup>	<36×10 <sup>3</sup>					

**Tabla E.1.2 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en la Laguna en Epoca de Lluvia-(1/2)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Numero de	Laguna Fúquene		Laguna Fúquene		Laguna Fúquene		Laguna Fúquene	
Sitio de Muestreo	Cerca Desembocadura Río Ubate		Cerca al Puerto		Centro		Cerca Salida Río Suárez	
Comentario								
Código No.	QL-1		QL-2		QL-3		QL-4	
Nivel muestreo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Fecha Recolección	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15
Hora de Toma	10:40	10:42	13:15	13:18	11:40	11:45	14:10	14:15
Clima	Claro		Claro		Claro		Claro	
Profundidad (m)	2.10		4.20		5.10		2.20	
Transparencia (m)	0.36		0.84		0.58		1.10	
Profundidad muestreo (m)	0.50	1.60	0.50	3.20	0.50	4.00	0.50	1.70
Temperatura de Agua(°C)	17.4	17.4	17.2	17.2	17.2	17.0	18.5	15.6
Color	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro	Sin color	Sin color
Olor	Sin olor	Sin olor	sulfúrico	sulfúrico	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
CE(mS/cm)	18.1	18.0	14.2	14.0	8.8	8.6	13.5	13.6
Turbidez (mg/l)	60.5	54.1	16.2	16.0	19.0	19.8	5.7	13.6
pH	6.80	6.82	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.92
O <sub>2</sub> Disuelto (mg/l)	3.80	0.30	4.50	4.20	4.70	4.60	7.70	0.50
DQO(Cr) (mg/l)	28.0	41.0	23.0	23.0	25.0	25.0	25.0	48.0
N-total (mg/l)	3.08	2.67	1.08	2.77	1.28	1.08	1.39	2.41
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	1.31	1.28	0.64	0.92	0.92	0.72	0.73	0.48
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.22	0.19	0.39	0.30	0.25	0.28	0.02	0.06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
P-total (mg/l)	0.20	0.29	0.36	0.00	0.04	0.00	0.06	0.25
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
SS (mg/l)	23	176	11	3	10	5	37	105
Distribución tamaño de partícula (% que pasa tamiz 400-38micron)	92.0	76.6	82.2	100	100	100	85.3	98.8
SSV (mg/l)	7	36	4	1	1	3	18	32
Fenol (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
Arsénico (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
Cadmio (mg/l)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Cianuro (mg/l)	0.0		0.0		0.0		0.0	
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Cu (mg/l)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Hg (mg/l)	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Plomo (mg/l)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Zinc (mg/l)	0.00		0.00		0.00		0.00	
Hierro (mg/l)	1.92		0.72		3.08		0.13	
Manganeso (mg/)	0.03		0.08		0.09		0.00	
P-organoclorados (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
P-organofosforados (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
P-Carbamatos (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
Coliformes Totales(NMP/100ml)	15×10 <sup>2</sup>	23×10 <sup>2</sup>	70	40	40	23×10 <sup>3</sup>	40	23×10 <sup>2</sup>
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	15×10 <sup>2</sup>	23×10 <sup>2</sup>	70	40	40	23×10 <sup>3</sup>	40	23×10 <sup>2</sup>

**Tabla E.1.2 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en la Laguna en Epoca de Lluvia-(2/2)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Número de	Laguna Fúquene		Laguna Fúquene		Laguna Fúquene		Laguna Fúquene	
Sitio de Muestreo	Cerca Desembocadura Río Ubaté		Cerca al Puerto		Centro		Cerca Salida Río Suárez	
Comentario								
Código No.	QL-1		QL-2		QL-3		QL-4	
Nivel muestreo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Fecha Recolección	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14
Hora de Toma	13:00	13:10	14:30	14:35	13:50	14:00	14:50	15:00
Clima								
Profundidad (m)	2.05		3.50		4.50		2.00	
Transparencia (m)	0.45		0.96		1.20		0.55	
Profundidad muestreo	0.50	1.50	0.50	3.20	0.50	4.00	0.50	1.50
Temperatura de Agua(°C)	16.8	16.2	16.1	15.7	16.9	15.3	15.0	15.3
Color	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo	Amarillo
Olor	Sin olor	Sin olor	Pescado sueva	Pescado sueva	Sin olor	Sin olor	Pescado	Pescado
CE(mS/cm)	170.0	200.0	140.0	140.0	90.0	90.0	170.0	170.0
Turbidez (mg/l)	26.0	33.0	5.8	4.1	5.3	4.8	17.0	19.0
pH	6.20	6.40	6.60	6.70	6.50	6.50	6.50	6.40
O <sub>2</sub> Disuelto (mg/l)	3.5	1.0	3.8	2.4	5.1	4.7	1.4	1.0
DQO(Cr) (mg/l)	35.0	47.0	30.0	46.0	25.0	48.0	28.0	52.0
N-total (mg/l)	2.62	2.94	2.25	2.02	2.07	2.33	1.65	1.97
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	1.31	1.36	0.69	0.71	0.79	1.08	0.68	0.64
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.31	0.45	0.54	0.23	0.27	0.24	0.06	0.13
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
P-total (mg/l)	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.06	0.04
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS (mg/l)	8	17	7	3	9	3	13	16
Distribución tamaño de partícula (% que pasa tamiz 400-38micron)	100	99.5	100	100	100	100	100	99.0
SSV (mg/l)	4	7	3	2	7	2	9	9
Fenol (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cianuro (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomo (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hierro (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganeso (mg/)	-	-	-	-	-	-	-	-
P-organoclorados (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
P-organofosforados (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
P-Carbamatos (mg/l)	0.000		0.000		0.000		0.000	
Coliformes Totales(NMP/100ml)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla E.1.3 Resultados de la Observación en Estaciones Principales de Ríos en Epoca de Lluvia (1/3)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de Río	Represa Hato	Río Ubaté	Río Lenguaque	Río Ubaté	Río Suárez	Río Chiquinquirá	Río Suárez
Sitio de Muestreo	Descarga Represa	Aguas abajo Municipio Ubaté	Vereda Punta Grande	Puente Colorado	Puente la Balsa	Aguas abajo Municipio Chiquinquirá	Antes Compuerta Tolón
Comentario							
Código No.	QS-4	QR-1	QR-2	QR-3	QR-4	QR-5	QR-6
Fecha Recolección	1999/4/16	1999/4/16	1999/4/16	1999/4/16	1999/4/16	1999/4/16	1999/4/16
Hora de Toma	15:15	14:36	14:05	13:32	9:55	9:20	8:25
Clima	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	1.60	2.62	0.62	6.22	3.88	3.11	4.02
Lectura de Mira (m)		0.84	0.49				39.30
Profundidad (m)	0.5	0.90	0.30	2.10	3.45	1.10	2.50
Temperatura de Agua(°C)	14.8	15.6	15.3	15.6	16.6	15.5	17.4
Color	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro	Beige claro	Café claro	Amarillo claro	Amarillo claro
Olor	Sulfúrico	Sin olor	Pez	Sin olor	Anaeróbico	Sin olor	Sin olor
CE (mS/m)	5.90	8.03	8.62	18.50	24.40	7.70	33.60
Turbidez (mg/l)	39.0	71.4	26.2	43.8	149.4	34.3	117.3
pH	7.08	7.04	7.03	7.02	7.02	7.01	6.99
O <sub>2</sub> Disuelto (mg/l)	4.3	7.5	7.9	7.0	0.9	7.8	0.3
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	4.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0
DQO(Cr) (mg/l)	16.0	13.0	8.0	15.0	45.0	17.0	62.0
N-total (mg/l)	1.23	1.31	1.09	1.51	2.09	0.78	2.87
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	0.77	0.30	0.32	0.68	0.65	0.27	1.24
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.16	0.48	0.26	0.32	0.18	0.17	0.33
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-total (mg/l)	0.10	0.14	0.10	0.17	0.15	0.18	0.17
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS (mg/l)	15.0	44.0	14.0	29.0	113.0	39.0	83.0
Distribución tamaño de partícula (% que pasa tamiz 400-38micron)	98.5	68.5	100	2.1	37.2	75.5	88.4
SSV (mg/l)	2.0	3.0	2.0	3.0	21.0	8.0	32.0
Fenol (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Arsénico (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cadmio (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cianuro (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hg (mg/l)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Plomo (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zinc (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hierro (mg/l)	1.68	1.56	1.57	3.46	11.3	2.88	18.3
Manganeso (mg/)	0.00	0.00	0.09	0.08	0.19	0.00	0.28
P-organoclorados (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P-organofosforados (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P-Carbamatos (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Coliformes Totales(NMP/100ml)	70	11×10 <sup>3</sup>	11×10 <sup>3</sup>	>24×10 <sup>6</sup>	23×10 <sup>2</sup>	11×10 <sup>3</sup>	15×10 <sup>2</sup>
Coliformes Fecales (NME/100ml)	70	11×10 <sup>3</sup>	11×10 <sup>3</sup>	93×10 <sup>5</sup>	4×10 <sup>2</sup>	11×10 <sup>3</sup>	9×10 <sup>2</sup>

**Tabla E.1.3 Resultados de la Observación en Estaciones Principales de Ríos en Época de Lluvia (2/3)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de Río	Represa Hato	Río Ubaté	Río Lenguazaque	Río Ubaté	Río Suárez	Río Chiquinquirá	Río Suárez
Sitio de Muestreo	Descarga Represa	Aguas abajo Municipio Ubaté	Vereda Punta Grande	Puente Colorado	Puente la Balsa	Aguas abajo Municipio Chiquinquirá	Antes Compuerta Tolón
Comentario							
Código No.	QS-4	QR-1	QR-2	QR-3	QR-4	QR-5	QR-6
Fecha Recolección	1999/5/13	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13
Hora de Toma	15:00	17:42	15:51	14:04	9:42	8:49	8:30
Clima							
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	0.601	1.24	0.890	4.78	3.37	2.74	4.24
Lectura de Mira (m)	-	0.62	0.520	1.86	1.68	2.70	3.28
Profundidad (m)	0.22	0.75	0.25	1.90	3.34	1.03	2.50
Temperatura de Agua(°C)	13.9	16.4	16.3	15.5	16.3	16.6	14.2
Color	Amarillo verdoso	Amarillo claro	Beige opaco	Beige	Terracota	Beige oscuro	Miel
Olor	Sulfuro	Sin olor	Barro	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
CE (mS/m)	60	120	120	18	360	90	180
Turbidez (mg/l)	11	23	100	43	31	84	34
pH	7.02	6.87	6.85	6.99	6.86	6.85	6.86
O <sub>2</sub> Disuelto (mg/l)	7.7			5.6	4.3		
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1.0	2.0	3.0	4.0	3.0	6.0	2.0
DQO(Cr) (mg/l)	22.0	18.0	33.0	27.0	48.0	84.0	62.0
N-total (mg/l)	1.00	1.54	1.16	2.87	2.70	2.27	2.00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
P-total (mg/l)	0.08	0.07	0.21	0.33	0.12	0.34	0.12
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
SS (mg/l)	9	36	83	46	25	197	26
Distribución tamaño de partícula (% que pasa tamiz 400-38micron)	—	—	—	—	—	—	—
SSV (mg/l)	4	7	10	7	12	39	3
Fenol (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Arsenico (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cadmio (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cianuro (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cu (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Hg (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	—	—	—	—	—	—	—
Plomo (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Zinc (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Hierro (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Manganeso (mg/)	—	—	—	—	—	—	—
P-organoclorados (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P-organofosforados (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P-Carbamatos (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Coliformes Totales(NMP/100ml)	—	—	—	—	—	—	—
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	—	—	—	—	—	—	—

**Tabla E.1.3 Resultados de la Observación en Estaciones Principales de Ríos en Epoca de Lluvia (3/3)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de Río	Represa Hato	Río Ubaté	Río Lenguazaque	Río Ubaté	Río Suárez	Río Chiquinquirá	Río Suárez
Sitio de Muestreo	Descarga Represa	Aguas abajo Municipio Ubaté	Vereda Punta Grande	Puente Colorado	Puente la Balsa	Aguas abajo Municipio Chiquinquirá	Antes Compuerta Tolón
Comentario							
Código No.	QS-4	QR-1	QR-2	QR-3	QR-4	QR-5	QR-6
Fecha Recolección	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14	1999/5/14
Hora de Toma	18:45	17:20	17:45	16:10	11:20	10:30	8:35
Clima							
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	0.55	1.01	0.780	1.85		1.59	5.05
Lectura de Mira (m)	-	0.61	0.490	1.82	1.69	-	3.29
Profundidad (m)							
Temperatura de Agua(°C)	13.4	15.2	13.7	16.9	16.8	15.6	16.8
Color	Amarillo verdoso	Gris	Beige oscuro	Moreno	Beige	Beige	Moreno
Olor	Sulfúrico	Anaeróbico	Sin olor	Sin olor	Pez	Sin olor	Sin olor
CE (mS/m)	60	120	120	18	360	90	180
Turbidez (mg/l)	5.8	13	34	30	50	31	34
pH	7.02	6.87	6.85	6.99	6.86	6.85	6.86
O <sub>2</sub> Disuelto (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	15.0	11.0	22.0	26.0	74.0	8.0	31.0
DQO(Cr) (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
N-total (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.06	0.05	0.20	0.40	0.07	0.09	0.08
P-total (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	11	14	34	51	27	33	35
SS (mg/l)	7	4	8	12	12	5	18
Distribución tamaño de partícula (% que pasa tamiz 400-38micron)	—	—	—	—	—	—	—
SSV (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Fenol (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Arsénico (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cadmio (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cianuro (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Cu (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Hg (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	—	—	—	—	—	—	—
Plomo (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Zinc (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Hierro (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Manganeso (mg/)	—	—	—	—	—	—	—
P-organoclorados (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
P-organofosforados (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
P-Carbamatos (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—
Coliformes Totales(NMP/100ml)	—	—	—	—	—	—	—
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	—	—	—	—	—	—	—

**Tabla E 1.4 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en Quebradas en Epoca de Lluvia-(1/2)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de Río	Lenguazaque	Q. Obejeras	Q. Mojica	Suta	Q. La Playa	Fúquene	Q. Honda	Q. Miña	Ubaté	Vallado Madre Norte
Sitio de Muestreo	Parte Final	Parte Final	Parte Final	Parte Final	La Malilla	Chinzaque	Virgen Punta	Ticha Muñoz	La Boyera	Vereda Taquilla
Comentario										
Código No.	AD-1	AD-2	AD-3	AD-4	AD-6	AD-8	AD-9	AD-10	AD-11	QS-3
Fecha Recolección	1999/5/5	1999/5/5	1999/5/5	1999/5/5	1999/5/6	1999/5/6	1999/5/5	1999/5/5	1999/5/6	1999/4/16
Hora de Toma	17:18	17:00	16:25	15:57	11:26	9:45	14:46	15:01	10:51	10:18
Clima										
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	0.188	0.013	0.012	0.102	0.367	0.062	0.112	0.073	1.43	0.138
Lectura de Mira (m)										
Profundidad (m)	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Temperatura de	14.7	14.4	14.4	14.8	14.2	14.3	14.5	14.6	14.3	16.0
Color	Amarillo claro	Incolora	Cafè claro	Miel	Gris claro	Amarillo claro	Gris claro	Gris claro	Amarillo grisoso	Amarillo claro
Olor	Sin olor	Anaeróbico leve	Sin olor	Ferroso	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Pescado suave
CE (mS/m)	7.37	16.70	1.66	23.50	7.37	4.63	6.98	41.9	4.63	11.99
Turbidez (mg/l)	70.0	150.0	15.0	1950.0	65.0	40.0	50.0	380.0	21.0	12.9
pH	6.40	6.80	6.30	6.20	7.20	6.70	6.60	7.40	7.30	7.02
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1.0	3.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	5.0	3.0	1.0
DQO(Cr) (mg/l)	11.0	18.0	19.0	75.0	18.0	11.0	18.0	27.0	21.0	15.0
N-total (mg/l)	0.15	0.71	0.28	1.00	0.78	0.38	0.40	1.21	1.54	1.23
P-total (mg/l)	0.09	0.06	0.03	0.09	0.11	0.04	0.06	0.29	0.12	0.34
SS (mg/l)	8	8	8	157	12	6	37	42	58	23
SSV (mg/l)										8.0

**Tabla E 1.4 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua en Quebradas en Epoca de Lluvia-(2/2)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de Río	Lenguazaque	Q. Obejeras	Q. Mojica	Suta	Q. La Playa	Fúquene	Q. Honda	Q. Miña	Ubaté	Vallado Madre Norte
Sitio de Muestreo	Parte Final	Parte Final	Parte Final	Parte Final	La Malilla	Chinzaque	Virgen Punta	Ticha Muñoz	La Boyera	Vereda Taquilla
Comentario										
Código No.	AD-1	AD-2	AD-3	AD-4	AD-6	AD-8	AD-9	AD-10	AD-11	QS-3
Fecha Recolección	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13
Hora de Toma	17:06	16:50	16:27	15:30	15:25	9:40	13:40	13:23	14:53	11:26
Clima										
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	0.360	0.089	0.147	0.190	0.439	0.052	0.323	0.014	0.740	0.025
Lectura de Mira (m)						0.10				
Profundidad (m)	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Temperatura de	15.7	16.6	16.8	18.3	13.7	17.0	18.5	18.7	14.4	
Color	Beige	Gris claro	Beige opaco	Amarillo claro	Gris claro	Gris claro	Incoloro	Incoloro	Amarillo grisoso	Amarillo Brillante
Olor	Sin olor	Anaeróbico	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Pescado
CE (mS/m)	7.37	16.70	1.66	23.50	7.37	4.63	6.98	41.9	4.63	11.99
Turbidez (mg/l)	140.0	160.0	270.0	20.0	95.0	22.0	9.0	10.0	12.0	12.9
pH	6.80	6.70	6.60	7.00	7.40	7.10	6.70	7.70	7.50	7.02
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	3.0	1.0
DQO(Cr) (mg/l)	26.0	41.0	34.0	21.0	9.0	10.0	34.0	15.0	10.0	15.0
N-total (mg/l)	0.90	1.03	1.79	0.60	0.68	0.65	0.13	1.84	1.64	1.23
P-total (mg/l)	0.18	0.35	0.33	0.07	0.09	0.07	0.03	0.25	0.05	0.34
SS (mg/l)	42	165	388	20	14	17	8	13	12	23
SSV (mg/l)										

**Tabla E.1.5 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua del Río Ubaté -1/2**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sitio de Muestras	Colorado	Colorado													
Comentario															
Fecha Recolección	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/12	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/5/13	1999/7/6
Caudal(m <sup>3</sup> /s)															
Hora de Toma	13:10	15:20	18:07	19:07	20:07	21:07	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00	14:20	15:46	16:11	14:44
Lectura de Mira (m)															
Clima															
Temperatura de Agua(°C)															
DQO(Cr) (mg/l)	15.0	16.0	16.0	16.0	14.0	21.0	20.0	28.0	22.0	42.0	27.0	18.0	23.0	10.0	25.0
N-total (mg/l)	1.00	0.83	1.13	1.89	0.60	0.96	1.26	2.65	3.40	2.90	1.54	2.12	2.22	1.94	4.00
P-total (mg/l)	0.26	0.25	0.23	0.11	0.18	0.14	0.14	0.36	0.34	0.26	0.16	0.30	0.13	0.30	0.60
SS (mg/l)	20	22	21	22	24	19	37	37	38	33	47	14	47	32	6
Particule size distribution(% 400-38micron)				100		100	15.1		26.3						
SSV (mg/l)				5		4	7		13						5

**Tabla E.1.5 Resultados de la Observación de la Calidad del Agua del Río Ubaté -2/2**

Muestra No.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sitio de Muestras	Colorado	Colorado	Colorado	Colorado											
Comentario															
Fecha Recolección	1999/7/7	1999/7/7	1999/7/7	1999/7/6											
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	13:18	15:14	15:48												
Hora de Toma															
Lectura de Mira (m)															
Clima															
Temperatura de Agua(°C)															
DQO(Cr) (mg/l)	25.0	28.0	16.0	14.0											
N-total (mg/l)	3.50	1.90	2.00	2.20											
P-total (mg/l)	0.57	0.48	0.35	0.42											
SS (mg/l)	19	51	48	20											
Particule size distribution(% 400-38micron)															
SSV (mg/l)	14	19	24	10											

**Tabla E.1.6 Resultados de la Observación de la Calidad de los Sedimentos en Río/Laguna**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de Laguna o Río	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Río Ubaté	Río Lenguazaque	Río Ubaté	Río Suárez	Río Chiquinquirá	Río Suárez
Sitio de Muestreo	Cerca Desembocadura Río Ubaté	Cerca al Puerto	Centro	Cerca Salida Río Suárez	Aguas abajo Municipio Ubaté	Vereda Punta Grande	Puente Colorado	Puente la Balsa	Aguas abajo Municipio Chiquinquirá	Antes Compuerta Tolón
Comentario										
Código No.	QL-1	QL-2	QL-3	QL-4	QR-1	QR-2	QR-3	QR-4	QR-5	QR-6
Fecha Recolección	1999/4/21	1999/4/21	1999/4/21	1999/4/21	1999/4/22	1999/4/22	1999/4/22	1999/4/22	1999/4/22	1999/4/22
Profundidad (m)	2.20	4.00	5.30	2.20	1.20	0.75	3.35	3.45	0.90	1.60
Color	Negro	Gris oscuro	Gris oscuro	Negro	Gris oscuro	Beige	Café oscuro	Gris oscuro	Café oscuro	Gris oscuro
Olor	Anaeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Pescado	Anaeróbico	Anaeróbico Leve	Pescado	Anaeróbico
pH	6.30	6.30	6.50	6.10	6.20	5.70	6.20	6.20	6.70	6.70
DQO (mg/g-peso seco)	98.6	59.8	97.5	92.6	32.3	4.8	208.2	139.3	99.4	103.0
N-total (mg/g-peso seco)	4.30	3.60	5.30	5.20	1.30	0.50	1.01	6.80	3.80	5.20
P-total (mg/g-peso seco)	0.196	0.094	0.019	0.282	0.045	0.019	0.454	0.408	0.037	0.010
Distribución tamaño de partícula	88.4	90.8	82.8	74.6	68.2	93.0	61.0	74.6	78.9	90.6
Pérdida por ignición (%)	16.2	13.5	15.8	20.1	8.2	4.7	45.2	25.4	15.7	17.8
Fenol (mg/kg-peso seco)	1.28	0.65	0.63	1.43	0.11	0.03	0.15	0.67	0.25	0.48
Arsenico (mg/kg-peso seco)	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2
Cadmio (mg/kg-peso seco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cianuro (mg/kg-peso seco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr <sup>6+</sup> (mg/kg-peso seco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu (mg/kg-peso seco)	84.3	76.0	78.3	72.7	63.4	67.9	70.0	66.9	64.2	59.9
Hg (mg/kg-peso seco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ni <sup>2+</sup> (mg/kg-peso seco)	37.7	28.2	32.6	33.2	27.5	17.2	24.1	15.1	32.1	18.6
Plomo (mg/kg-peso seco)	59.9	67.3	54.4	68.5	52.8	20.5	30.6	45.3	53.5	41.3
Zinc (mg/kg-peso seco)	90.9	68.9	138.9	566.7	287.7	159.9	112	121.2	275.9	195.0
Hierro (mg/g-peso seco)	34.5	43.8	61.3	49.0	37.5	20.1	27.3	46.7	37.7	48.7
Manganeso (mg/g-peso seco)	0.212	0.667	0.750	0.667	0.294	0.192	0.143	0.500	0.299	0.101
P-organoclorados (mg/kg-peso seco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P-organofosforados (mg/kg-peso seco)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-Carbamatos (mg/kg-peso seco)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad (%)	74.6	75.8	85.4	83.7	34.5	23.7	78.5	75.8	68.4	72.0
Sulfuro (mg/g-peso seco)	1.21	0.65	0.63	1.43	0.10	0.03	0.84	0.36	0.61	1.24
Potencial Oxido Reducción (mV)	-123	-129	-154	-120	-114	328	-95	-134	-51	-142

Tabla E.1.7 Resultados de la Observación Biológica en la Laguna en Epoca de Lluvia -1/4 (Fitoplancton)

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre de Laguna	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene	Laguna Fúquene
Sitio de Muestreo	Cerca Desembocadura Río Ubaté	Cerca al Puerto			Centro		Cerca Salida Río Suárez	
Comentario								
Código No.	QL-1	QL-2	QL-3	QL-4				
Nivel muestreo	Superficial	Fondo	Superficial	Fondo	Superficial	Fondo	Superficial	Fondo
Fecha Recolección	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15	1999/4/15
Hora de Toma	10:40	10:42	13:15	13:18	11:40	11:45	14:10	14:15
Chlorophyll-a (ng/m <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.4
Densidad (Células/ml)	900	6050	500	3150	7800	14250	8700	10850
Descripción Taxonomica (Género, especie)	<i>Microspora sp 1</i> , <i>Spyrogyra sp.</i> , <i>Trachetomona</i> , <i>volvocina</i>	<i>Nitzschia sp.</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Microspora sp 1</i> , <i>Closterium acutum</i>	<i>Nitzschia sp.</i> , <i>Navicula sp 1</i> , <i>Penium sp.</i>	<i>Navicula plantula</i> , <i>Closterium sp.</i> , <i>Peridium sp.</i> , <i>Spirulina sp.</i>	<i>Oscillatoria sp 1</i> , <i>Anabaena sp.</i> , <i>Trachetomona volvocina</i>	<i>Peridinium sp.</i> , <i>Oscillatoria sp 1</i> , <i>Anabaena sp.</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Gomphoriema acuminatum</i> , <i>Microspora sp 2</i> , <i>Cosmarium sp 1</i> , <i>Cosmarium sp 2</i>	<i>Cymbella sp.</i> , <i>Synedra itne</i> , <i>Gomphoriema acuminatum</i> , <i>Gomphoriema sp.</i> , <i>Navicula plantula</i> , <i>Microspora sp 2</i> , <i>Scenedesmus econis</i> , <i>Ulothrix sp.</i> , <i>Lingbya sp.</i> , <i>Oscillatoria sp 1</i> , <i>Oscillatoria sp 2</i>





**Tabla E 1.8 Resultados de la Prueba de Liberación en la Laguna  
(Código del Punto No. : QL-2)**

Muestra No	1	2	3	4	5	6	7
Días desde el comienzo	0	1	2	4	6	9	13
Fecha de Muestreo	1999/5/11	1999/5/12	1999/5/13	1999/5/15	1999/5/17	1999/5/20	1999/5/24
DQO (Cr) (mg/l)	1.8	12.6	13.7	16.2	19.7	22.8	24.0
T-N(mg/l)	0.61	1.21	1.32	1.51	1.66	1.775	1.91
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	0.14	0.52	0.60	0.82	1.00	1.06	1.18
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.07	0.08	0.10	0.11	0.05	0.08	0.07
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
T-P(mg/l)	0.009	0.010	0.012	0.015	0.014	0.018	0.021
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P(mg/l)	0.002	0.005	0.009	0.010	0.009	0.011	0.012

**Tabla E.1.9 Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca de Lluvia -1/4 (Código No.:QL-1)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	Comentario
Hora de Toma	10:50		16:53		16:53		
Tiempo desde el inicio	0.00		6.05		6.05		
Botella claro/oscuro	Botella oscura	Botella Claro	Botella oscura-1	Botella oscura-2	Botella Claro-1	Botella Claro-2	
OD Superficial (mg/l)	3.5	3.9	1.6	1.4	2.8	2.5	
OD Fondo (mg/l)	2.5	2.2	2.0	1.5	3.0	3.2	

**Tabla E.1.9 Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca de Lluvia -2/4 (Código No.:QL-2)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	Comentario
Hora de Toma	13:15		17:15		17:15		
Tiempo desde el inicio	0.00		4.00		4.00		
Botella claro/oscuro	Botella oscura	Botella Claro	Botella oscura-1	Botella oscura-2	Botella Claro-1	Botella Claro-2	
OD Superficial (mg/l)	4.0	4.2	4.1	4.0	7.0	6.6	
OD Fondo (mg/l)	4.5	4.4	4.1	3.6	4.1	3.9	

**Tabla E.1.9 Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca de Lluvia -3/4 (Código No.:QL-3)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	Comentario
Hora de Toma	11:40		17:07		17:07		
Tiempo desde el inicio	0.00		5.78		5.78		
Botella claro/oscuro	Botella oscura	Botella Claro	Botella oscura-1	Botella oscura-2	Botella Claro-1	Botella Claro-2	
OD Superficial (mg/l)	5.2	5.3	4.5	4.1	6.6	6.2	
OD Fondo (mg/l)	5.0	4.9	4.9	4.1	4.3	4.8	

**Tabla E.1.9 Resultados de la Prueba de Producción en la Laguna en Epoca de Lluvia -4/4 (Código No.:QL-4)**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	Comentario
Hora de Toma	14:10		17:25		17:25		
Tiempo desde el inicio	0.00		3.25		3.25		
Botella claro/oscuro	Botella oscura	Botella Claro	Botella oscura-1	Botella oscura-2	Botella Claro-1	Botella Claro-2	
OD Superficial (mg/l)	6.0	5.6	3.8	3.5	8.2	7.8	
OD Fondo (mg/l)	4.0	3.8	3.6	2.9	3.5	3.2	