

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS DE LOS
USUARIOS DEL PROGRAMA DE TASA RETRIBUTIVA QUEBRADA CHAPAL
DE LA CUENCA DEL RÍO PASTO**

YUDY MADELINE PASAJE ORTEGA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYAN
2007**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS DE LOS
USUARIOS DEL PROGRAMA DE TASA RETRIBUTIVA QUEBRADA CHAPAL
DE LA CUENCA DEL RÍO PASTO**

YUDY MADELINE PASAJE ORTEGA

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al Título de Química

Director

M.Sc. JOSÉ ANTONIO GALLO CORREDOR
Grupo de Investigación en Química Analítica Ambiental (GIQA)

Asesor

Ing. MAURICIO BASTIDAS BEDOYA
CORPONARIÑO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYAN
2007

A Dios por darme la salud y la fortaleza.

A mis padres Lucía y Guillermo por ser tan pacientes, cariñosos, dedicados y apoyarme siempre en la realización de todos mis sueños.

A mi hermana Marcela por su preocupación y entendimiento.

A mi novio Julian por su colaboración desinteresada y por todo su amor.

A todos mis familiares que siempre han estado conmigo, acompañándome y apoyándome, gracias a mi prima Alexandrita, a mi tía Isabel, a mi abuelito Florencio, y a todos los demás.

A mi amiga y compañera Liliana Trochéz por toda su ayuda y paciencia en todos los momentos que la necesité durante mi ausencia.

AGRADECIMIENTOS

Universidad del Cauca.

CORPONARIÑO.

Departamento de Química.

Grupo de Química Analítica Ambiental GIQA.

M.Sc. José Antonio Gallo.

Dra. Olga Lucía Hoyos.

M.Sc. Tania Milena Gutiérrez.

Profesores Departamento de Química.

Ing. Mauricio Bastidas.

Ing. Jairo Lasso.

Qca. Anny Romero.

Compañeros y Amigos.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCION	14
1. MARCO TEORICO	16
1.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PASTO	16
1.1.1 Localización	16
1.1.2 División	16
1.2 CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS	17
1.3 CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SEGÚN EL SISTEMA SAPRÓBICO	19
1.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA	20
1.4.1 Oxígeno disuelto	20
1.4.2 Demanda bioquímica de oxígeno	20
1.4.3 Demanda química de oxígeno	20
1.4.4 Sólidos suspendidos totales	21
1.4.5 pH	21
1.4.6 Temperatura	22
1.4.7 Caudal	22
1.5 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE USO DEL AGUA	23
1.5.1 Sector domiciliario	23
1.5.2 Sector de alimentos	23

	Pág.	
1.5.3	Sector de materiales	26
1.5.4	Sector de servicios	26
1.6	TASAS RETRIBUTIVAS	26
1.6.1	Que son las Tasas Retributivas	26
1.6.2	Referentes jurídicos para la implementación de las tasas retributivas	27
2.	METODOLOGIA	29
2.1	SITIOS DE MUESTREO	29
2.1.1	Ubicación de las estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal- Miraflores	29
2.1.2	Identificación de los usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal	29
2.1.3	Ubicación geográfica de las industrias sobre la quebrada Chapal	32
2.2	TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	32
2.3	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS	33
2.3.1	pH	35
2.3.2	Temperatura	35
2.3.3	Oxígeno disuelto	35
2.3.4	Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	36
2.3.5	Demanda química de oxígeno DQO	37
2.3.6	Sólidos suspendidos totales	38
2.3.7	Medición del caudal	38
2.3.8	Cargas contaminantes	39
2.3.9	Porcentaje de remoción	39
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	40
3.1	VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN	40

	Pág.	
3.2	MEDICIONES EN CAMPO DE pH, TEMPERATURA Y CAUDAL	40
3.3	VARIACIÓN DE DBO ₅ , DQO Y SST	42
3.2.1	Sector domiciliario	44
3.3.2	Industrias lácteas	47
3.3.3	Sector frigoríficos y avícolas	50
3.3.4	Minas de arena	55
3.3.5	Estación de servicio	57
3.3	EVALUACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	59
3.4	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA CHAPAL	59
3.5	CARGA TOTAL SOBRE LA QUEBRADA CHAPAL	62
4.	LA TASA RETRIBUTIVA	65
4.1	CÁLCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA	66
4.2	CÁLCULO DE LAS METAS DE REDUCCIÓN	68
5.	CONCLUSIONES	46
6.	RECOMENDACIONES	48
7.	BIBLIOGRAFIA	49
	ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Fuentes de contaminación y consecuencias de la contaminación del agua.	18
Tabla 2. Criterios para separación de las zonas de clasificación sapróbica según Sladeczek.	19
Tabla 3. División del Sector de Alimentos.	23
Tabla 4. Destinación del Recurso Hídrico (Preservación Fauna y Flora).	27
Tabla 5. Eficiencias de remoción establecidos para los sistemas de tratamiento Ras 2000.	28
Tabla 6. Estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal.	29
Tabla 7. Usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal – Miraflores.	31
Tabla 8. Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con las mediciones.	33
Tabla 9. Número de muestras obtenidas en las diferentes empresas.	35
Tabla 10. Volúmenes para dilución en la determinación de la DBO ₅ .	36
Tabla 11. Variación de precipitación en la ciudad de San Juan de Pasto.	41
Tabla 12. Promedios de los parámetros de campo.	41
Tabla 13. Valores de DBO ₅ , DQO y SST de la entrada y salida de Los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector domiciliario.	44
Tabla 14. Caracterización máxima admisible para aguas residuales domésticas.	45
Tabla 15. Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector domiciliario.	46
Tabla 16. Valores de DBO ₅ , DQO y SST de la entrada y salida de Los	48

sistemas de tratamiento de aguas residuales de las industrias lácteas.

Tabla 17.	Caracterización máxima admisible para una central lechera.	48
Tabla 18.	Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las industrias lácteas.	49
Tabla 19.	Valores de DBO ₅ , DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector frigoríficos y avícolas.	50
Tabla 20.	Caracterización máxima admisible para una central de sacrificio de ganado.	51
Tabla 21.	Caracterización máxima admisible para un matadero de aves.	52
Tabla 22.	Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector frigorífico y avícola.	52
Tabla 23.	Valores de DBO ₅ , DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector minero.	55
Tabla 24.	Caracterización máxima para el proceso de explotación en la industria minera.	55
Tabla 25.	Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector minero.	56
Tabla 26.	Valores de DBO ₅ , DQO y SST de la entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales de la estación de servicio los Fundadores.	57
Tabla 27.	Caracterización máxima admisible de las aguas residuales de una estación de gasolina.	58
Tabla 28.	Eficiencias de remoción en carga del sistema de tratamiento de aguas residuales de la estación de servicio los Fundadores.	59
Tabla 29.	Caracterización fisicoquímica de la quebrada Chapal.	60
Tabla 30.	Resultados de carga en las estaciones de la quebrada Chapal.	60

	Pág.
Tabla 31. Número de industrias según actividad productiva.	62
Tabla 32. Aporte industrial en Sólidos Suspendidos Totales y Demanda Bioquímica de Oxígeno.	63
Tabla 33. Carga total vertida a la quebrada Chapal.	64
Tabla 34. Cargas contaminantes en Kg/año de los usuarios de la quebrada Chapal.	68
Tabla 35. Tasa retributiva de los usuarios de la quebrada Chapal.	69
Tabla 36. Determinación de las metas de reducción.	71
Tabla 37. Parámetros de campo- entrada y salida de MOTEL LOS FAROLES.	76
Tabla 38. Parámetros de campo- salida MOTEL CUPIDO.	76
Tabla 39. Parámetros de campo- entrada y salida de MOTEL LAS DELICIAS.	77
Tabla 40. Parámetros de campo- salida de ALIVAL.	77
Tabla 41. Parámetros de campo- salida de LÁCTEOS ANDINOS.	78
Tabla 42. Parámetros de campo- entrada y salida de LÁCTEOS LA VICTORIA.	78
Tabla 43. Parámetros de campo- entrada y salida de FRIGOVITO.	79
Tabla 44. Parámetros de campo- entrada y salida de AVÍCOLA POLLO AL DÍA.	79
Tabla 45. Parámetros de campo- salida de AVÍCOLA EL TEJAR.	80
Tabla 46. Parámetros de campo- salida de MORASURCO CAFÉ PURO.	80
Tabla 47. Parámetros de campo- entrada y salida de MINA LAS TERRAZAS.	81
Tabla 48. Parámetros de campo- entrada y salida de MINA ARMENIA.	81
Tabla 49. Parámetros de campo- entrada y salida de LOS FUNDADORES.	82

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Mapa con estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal – Miraflores.	30
Figura 2.	Ubicación geográfica de las industrias sobre la quebrada Chapal.	34
Figura 3.	Proceso de tratamiento aeróbico.	43
Figura 4.	Proceso de tratamiento anaerobio.	44
Figura 5.	Carga en SST y DBO ₅ en las estaciones de la quebrada Chapal, muestreo 1.	61
Figura 6.	Carga en SST y DBO ₅ en las estaciones de la quebrada Chapal, muestreo 2.	61
Figura 7.	Distribución de las industrias según actividad productiva.	62
Figura 8.	Aporte de carga contaminante de las industrias según actividad productiva.	64
Figura 9.	Cargas en SST y DBO ₅ sobre la quebrada Chapal.	65

ABREVIATURAS

CORPONARIÑO:	Corporación Autónoma Regional de Nariño
SST:	Sólidos suspendidos totales
DBO₅:	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días
DQO :	Demanda química de oxígeno
OD:	Oxígeno disuelto
ARD:	Aguas residuales domésticas
FAFA:	Filtro anaerobio de flujo ascendente
FAS:	Sulfato amonio ferroso
E:	Entrada del sistema de tratamiento
S:	Salida del sistema de tratamiento
% Rem:	Porcentaje de remoción
hp:	Caballos de fuerza

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Foto 1. Cajilla afluente inicial Central de sacrificio FRIGOVITO	83
Foto 2. Vertimientos líquidos Central de Sacrificio FRIGOVITO	83
Foto 3. Toma de muestras Central de Sacrificio FRIGOVITO	83
Foto 4. Residuos sólidos Central de Sacrificio FRIGOVITO	84
Foto 5. Laguna aeróbica Central de Sacrificio FRIGOVITO	84
Foto 6. Aireador laguna aerobia Central de Sacrificio FRIGOVITO	84
Foto 7. Laguna anaeróbica Central de Sacrificio FRIGOVITO	85
Foto 8. Laguna Facultativa Central de Sacrificio FRIGOVITO	85
Foto 9. Tubo de salida del efluente final Central de Sacrificio FRIGOVITO	85
Foto 10. Manejo de Lodos Central de Sacrificio FRIGOVITO	86
Foto 11. Cajilla afluente inicial Motel los Faroles	86
Foto 12. Cajilla efluente final Motel los Faroles	86
Foto 13. Cajilla afluente inicial y toma de muestras Lácteos la Victoria	87
Foto 14. Captación de aguas lluvias Mina las Terrazas	87
Foto 15. Proceso de explotación de arena Mina las Terrazas	87
Foto 16. Saranda de arena Mina las Terrazas	88
Foto 17. Cajilla afluente inicial Motel las Delicias	88
Foto 18. Cajilla afluente inicial Estación de Servicio Los Fundadores	88
Foto 19. Cajilla efluente final Estación de Servicio Los Fundadores	89

RESUMEN

La contaminación del agua es una situación común en el área rural y urbana del municipio de Pasto, causada principalmente por las descargas directas de aguas residuales domésticas e industriales y la inadecuada disposición de residuos sólidos a los cauces de quebradas y ríos. A la quebrada **Chapal - Miraflores**, uno de los afluentes del río Pasto converge gran cantidad de vertimientos líquidos de las diferentes actividades productivas de las empresas del municipio de Pasto, como lo son industrias lácteas, moteles, avícolas y minas de arena. Si bien existen muchos impactos ambientales a corto plazo, los de mayor importancia ambiental son aquellos que tienen consecuencias a largo plazo y que están relacionados con los vertimientos líquidos.

En este contexto, se desarrolló el presente trabajo de pasantía conjuntamente entre la Universidad del Cauca y la Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO en el laboratorio de Aguas Residuales de la última institución mencionada. Por medio de este trabajo fue posible caracterizar fisicoquímicamente los vertimientos líquidos de las empresas (usuarios), cuya actividad productiva genera vertimientos puntuales a la quebrada Chapal perteneciente a la cuenca del río Pasto. Así se pudo establecer según los Decretos 3100 del 2003 y 3440 del 2004, la tasa retributiva a los diferentes usuarios.

Se realizaron dos muestreos compuestos en seis meses, uno cada tres meses a cada empresa, a la entrada y a la salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas que los han implementado, y sólo a la salida de las empresas que no los poseen. Se determinaron las cargas contaminantes y los porcentajes de remoción. Simultáneamente se hicieron dos muestreos a la quebrada Chapal, para determinar la calidad de sus aguas. Se determinaron parámetros in situ como caudal, pH y temperatura y en el laboratorio la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST).

Los resultados obtenidos muestran en general porcentajes de remoción por debajo de lo reglamentado por el Decreto 1594/84, según el cual, los residuos líquidos deben verse con un mínimo de remoción del 80% en DBO₅ y SST. Por lo cual, las aguas residuales requieren ser tratadas con sistemas que garanticen estos grados de remoción de contaminación.

Los datos y resultados de este trabajo sirven como aporte para la identificación y seguimiento de los usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal de la cuenca del río Pasto. Además de su utilización en futuras investigaciones en el área de química ambiental.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es la incorporación al agua de sustancias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales, fuera de los límites permisibles, que alteran su naturaleza y modifican su pureza, constituyéndose en uno de los problemas de mayor gravedad para la sociedad colombiana. Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado.

En general, se consideran aguas residuales domésticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denomina aguas residuales municipales, los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llaman aguas residuales industriales, las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

También se acostumbra denominar aguas negras, a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasa y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.¹

En la ciudad de Pasto tanto en el área urbana como rural, el río Pasto es contaminado por aguas residuales (de origen industrial y doméstico) y residuos sólidos provenientes de diversas empresas. Por esta razón es de suma importancia, tratar adecuadamente los vertimientos líquidos generados por los sectores industrial y doméstico, puesto que finalmente estas aguas serán depositadas en él, siendo el más afectado sino se hace un tratamiento adecuado.

En el sector rural del municipio de Pasto, en el corregimiento de Catambuco se encuentra ubicada la quebrada Chapal - Miraflores, uno de los principales afluentes del río Pasto. Este sector tiene un gran desarrollo agroindustrial, por lo que recibe un alto impacto ambiental por la contaminación hídrica.

Para obtener la calidad ambiental deseada, el gobierno colombiano introdujo el uso de un instrumento económico: la tasa retributiva. Los decretos 3100 del 2003 y 3440 del 2004, establecen las tasas retributivas, que se cobran por la utilización directa o indirecta del recurso o por la compensación de los gastos de mantenimiento de la renovabilidad de los recursos. La tasa retributiva se considera en este sentido como un precio que cobra el Estado por el servicio prestado de utilizar el medio ambiente como su receptor de vertimientos.

Este trabajo fue desarrollado mediante un convenio entre la Universidad del Cauca y CORPONARIÑO, con el fin de hacer una caracterización fisicoquímica de los vertimientos líquidos de los usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal de la cuenca del río Pasto, determinando las cargas contaminantes, los porcentajes de remoción y el estado ambiental de la quebrada Chapal, realizando dos muestreos compuestos en seis meses, uno cada tres meses a cada empresa, a la entrada y a la salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas que los han implementado, y sólo a la salida de las empresas que no los poseen, y dos muestreos puntuales a la quebrada Chapal. Se determinaron parámetros in situ como caudal, pH y temperatura y en el laboratorio la DBO₅, DQO y SST.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PASTO

1.1.1 Localización

El municipio de Pasto se encuentra localizado al oriente del Departamento de Nariño y limita al norte con los municipios de la Florida, Chachagüí y Buesaco, al sur con Tangua, Funes y el Departamento del Putumayo, al oriente con el Departamento del Putumayo y al occidente con Tangua, Consacá y la Florida. Está comprendido entre las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 1° 21' 53" N (confluencia quebrada la Honda con el río Pasto) 0° 48' 45" N (confluencia río Patascoy con el río Guamués). Longitud: 77° 02' 12" W (Cerro Patascoy) 77° 21' 44" W (Volcán Galeras). Su extensión territorial es de 112.840 hectáreas.

La cuenca del río Pasto se localiza en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes, al noroccidente del municipio de Pasto, como afluente del Río Juanambú, dentro de la gran cuenca del Río Patía, en la vertiente del Pacífico. Posee dentro de la jurisdicción del municipio de Pasto una superficie de 34.024 hectáreas, en ella se encuentran los corregimientos de La Laguna, Buesaquillo, Morasurco, Mapachico, Obonuco, Genoy, Nariño, La Caldera y parte de Catambuco.

1.1.2 División

La cuenca del Río Pasto se ha subdividido en cuatro Subcuencas así:

- **Río Pasto Alto superior.** Abarca un área de 6.910 hectáreas, donde se encuentran 17 microcuencas entre las cuales se destacan: quebrada Las Tiendas, quebrada Cabrera, quebrada Dolores, Las Pilas, El Tejar entre otras. Del flujo principal que es el Río Pasto, se capta en el sitio El Centenario, el agua para abastecer al 84% de la ciudad de San Juan de Pasto.

- **Río Miraflores o Chapal.** Con un área de 7.077 hectáreas recibe como flujos hídricos a las quebradas Turupamba, Aserradora, Santa Isabel, Catambuco, Botana, Guachucal, Cubiján y otros. Esta es la parte de la cuenca a la que hace referencia este estudio para la implementación de la Tasa Retributiva.
- **Río Pasto área urbana.** Incluye las aguas que drenan del perímetro urbano de la ciudad de San Juan de Pasto al río, tiene un área de 8.987 hectáreas, los principales flujos son las quebradas Rosales, El Salto, Mijitayo, Blanco, Cujacal y El Quinche. De la quebrada Mijitayo se capta el agua que abastece al 16% del acueducto de la ciudad.
- **Subcuenca media del Río Pasto.** Está conformada por las fuentes que abastecen a los corregimientos de Genoy, Nariño y Caldera con 11.050 hectáreas, dentro de la jurisdicción del municipio de Pasto. Las principales corrientes son las quebradas: Chorrillo, Río Bermúdez, quebrada Honda y quebrada El Vergel.²

1.2 CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS

La contaminación del agua vuelve, en muchas ocasiones, inservible su suministro para ciertos usos humanos, entre ellos el consumo. Adicionalmente, la contaminación puede afectar en gran medida los sistemas biológicos naturales.

La degradación de los recursos de agua dulce se debió en un principio a la contaminación por desperdicios orgánicos y la salinización de los sistemas de riego. Actualmente el problema se ha agravado por la presencia de sólidos en suspensión, metales pesados, desperdicios radioactivos, nitratos, microcontaminantes orgánicos, la acidificación de lagos y corrientes y la eutroficación de lagos y aguas costeras. La contaminación en las aguas se puede medir a través de los conteos de colibacilos (coliformes fecales), materia orgánica, sólidos suspendidos en el agua, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD).³

Tabla 1. Fuentes de contaminación y consecuencias de la contaminación del agua.

FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA*	CONSECUENCIAS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA**
Aguas residuales y residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).	Disminución o ausencia de la vida acuática.
Agentes infecciosos.	Impactos sobre la salud como la transmisión de enfermedades.
Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.	Incremento de los costos de tratamiento para el agua de consumo industrial y agropecuario
Productos químicos, pesticidas, productos industriales, las sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.	Daños a los ecosistemas.
Minerales inorgánicos y compuestos químicos.	Afectación del paisaje.
Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por tormentas y escorrentías, los suelos sin protección, las explotaciones mineras y las carreteras.	Disminución de las posibilidades de recreación.
El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.	Desvalorización de las tierras aledañas al cauce de la fuente.

Fuente: *Microsoft ® Encarta ® 2006. © . New York. 1993-2005 Microsoft Corporation. CD-rom

** CORPONARIÑO, Cartilla de Tasas Retributivas. San Juan de Pasto: 2002. 11 p.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SEGÚN EL SISTEMA SAPRÓBICO¹

En un cuerpo de agua, normalmente saludable, existe un ciclo biodinámico que da como resultado un equilibrio de la vida animal y vegetal. En términos muy simples, el efecto de la polución consiste en alterar dicho ciclo y desordenar los componentes ambientales del mismo. Teniendo en cuenta que los componentes físicos, químicos, biológicos y ambientales del medio hídrico son tan variables, se han desarrollado y formulado diferentes métodos para detectar, diagnosticar y cuantificar la polución del agua.

En 1965 Sladeczek presentó su versión del sistema sapróbico original, dividiendo las aguas en cuatro grupos principales: catapróbicas, limnosapróbicas, eusapróbicas y transapróbicas, con trece zonas o grados de clasificación para las aguas y aguas residuales o residuos. El sistema de clasificación propuesto por Sladeczek, se presenta en el tabla 2.

Tabla 2. Criterios para separación de las zonas de clasificación sapróbica según Sladeczek.¹

Zona sapróbica	Símbolo	Índice sapróbico	Coliformes NMP/100 mL	OD mg/L	DBO mg/L
CATARÓBICA	K	<-0.5	<2	Varios	0
XENOSAPRÓBICA	X	<0.5	<10 ³	>8	<1
OLIGOSAPRÓBICA	O	<1.5	<5x10 ³	>6	<2.5
β- MESOSAPRÓBICA	B	<2.5	<10 ⁴	>4	<5
POLISAPRÓBICA	A	<3.5	<10 ⁵	>2	<10
ISOSAPRÓBICA	P	<4.5	<3x10 ⁶	>0.5	<50
CATARÓBICA	I	<5.5	<3x10 ⁸	Trazas	<400
METASAPRÓBICA	M	<6.5	<10 ⁹	0	<700
HIPERSAPRÓBICA	H	<7.5	<10 ⁵	0	<2000
ULTRASAPRÓBICA	U	<8.5	0	0	<1.2x10 ⁵
ANTISAPRÓBICA	A	-	0	Varios	0
RADIOSAPRÓBICA	R	-	Varios	Varios	Varios
CRIPTOSAPRÓBICA	C	-	Varios	Varios	Varios

Fuente. Romero Rojas, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera edición. Colombia. 2000.

1.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA

“El agua tiene una capacidad de autodepuración natural hasta cierto límite de concentración de sustancias contaminantes; sobrepasado este límite se altera su naturaleza”.⁴ Los parámetros fisicoquímicos del agua son las medidas establecidas para determinar el estado y calidad del agua ya sea para consumo humano, doméstico, riego u otras utilidades que esta pueda brindar. Existen muchos parámetros para establecer la calidad de las aguas, los parámetros más comúnmente utilizados son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno.

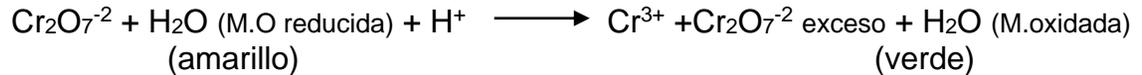
1.4.1 Oxígeno disuelto. En los desechos líquidos el oxígeno disuelto es el factor que determina que los cambios biológicos sean producidos por organismos aeróbicos o anaeróbicos. Consecuentemente para mantener las condiciones aeróbicas, es vital hacer mediciones de oxígeno disuelto en las aguas naturales que reciben material contaminante y en los procesos aeróbicos de tratamiento que se realizan para purificar las aguas residuales domésticas e industriales. La determinación de oxígeno disuelto es la base del análisis de DBO, por tanto, son el principio para las mediciones más importantes que se usan para evaluar la magnitud de la contaminación de los desechos domésticos e industriales.⁵

1.4.2 Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno por los organismos en la degradación bioquímica de la materia orgánica presente en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20 °C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida por el método Winkler o una modificación del mismo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO.⁶

1.4.3 Demanda química de oxígeno DQO. La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica biodegradable y no, en una muestra de agua residual, bajo condiciones

específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso de dicromato potásico. Después de la digestión, el dicromato no reducido que no reaccionó, se determina con sulfato ferroso amónico, para determinar la cantidad de dicromato consumido y calcular la materia orgánica biodegradable y no biodegradable en términos de equivalente de oxígeno.⁶



La DQO en general es mayor que la DBO ya que es mayor el número de compuestos que pueden ser oxidados por vía química. La DQO tiene la ventaja de que no se necesita mucho tiempo para la evaluación porque se puede hacer la determinación en aproximadamente tres horas, pero tiene la desventaja de que no diferencia entre materia biodegradable y no biodegradable.⁷

1.4.4 Sólidos suspendidos totales SST. Están formados por las partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal. Estos sólidos determinan el color aparente del agua y la profundidad hasta la cual penetra la luz del sol, es decir la franja aeróbica y fotosintética de un cuerpo de agua. La determinación de sólidos suspendidos es uno de los principales parámetros para evaluar la concentración de las aguas residuales domésticas y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento.⁸

Los sólidos suspendidos totales, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105° C, hasta peso constante. El incremento de peso del filtro de fibra de vidrio representa el total de sólidos suspendidos. Este método es aplicable a aguas potables, superficiales y salinas, aguas residuales domésticas e industriales, en un intervalo de 4 a 20.000 mg/L.⁶

1.4.5 pH. En el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos, el pH se debe mantener en un margen favorable para los microorganismos específicos que intervienen, porque las aguas en concentración adversa del ión hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, sin embargo, generalmente es de 6.5 a 8.5. Por estas razones y por las relaciones

fundamentales que existen entre pH, la acidez y la alcalinidad es muy importante comprender los aspectos teóricos y prácticos de pH.⁷

El pH es una medida electrométrica de la concentración de iones Hidrógeno. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

La concentración del ion hidrógeno se mide generalmente en forma instrumental empleando un pH metro. También se emplean soluciones y papeles indicadores.⁹

1.4.6 Temperatura. La temperatura del agua es un parámetro muy importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. “También porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática, la adecuación del agua para fines benéficos y modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la tasa de sedimentación en aguas cálidas es mayor que en aguas frías por el cambio en la viscosidad del agua.⁷ La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de de 25 a 35 °C (77 a 95 °F)”.⁹

1.4.7 Caudal. En la determinación de caudales debe adoptarse la forma más práctica de aforar dependiendo del tipo de descarga que se tenga, si se hace necesario adecuar el sitio de muestreo se deben dar las instrucciones necesarias para la implementación de la adecuación. Hay varios métodos para la medición de caudales, entre ellos están: ¹⁰

- Medición volumétrica manual
- Medición en canales abiertos
- Medición por velocidad
- Medición electromagnética
- Medición por ultrasonido.

1.5 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE USO DEL AGUA ¹¹

No todas las actividades de servicio e industriales en que se usa agua, producen el mismo grado de contaminación ni contaminan con los mismos elementos o índices, por esta razón dichas actividades se han dividido genéricamente en grupos de acuerdo con el documento Guía para la apreciación de la contaminación hídrica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. A continuación se hará una descripción de las actividades productivas de las trece diferentes empresas que vierten sus aguas residuales a la quebrada Chapal o Miraflores.

1.5.1 Sector domiciliario

Dentro de este sector de las trece empresas caracterizadas se encuentran tres moteles que producen aguas residuales domésticas. Estas aguas son generadas por el uso de servicios sanitarios y lavanderías en los hoteles, por la preparación de alimentos, lavado de platos, la limpieza del motel, el lavado de la ropa e higiene personal y el lavado de superficies pavimentadas, entre otros. El nivel de producción promedio de estas empresas son 20 habitaciones diarias y el funcionamiento es continuo.

1.5.2 Sector de alimentos

Las industrias de elaboración de alimentos, son aquellas cuyo objetivo es la producción de bienes comestibles para el consumo humano. Los vertimientos de elaboración de productos alimenticios normalmente contienen materia orgánica (disuelta o en estado coloidal) en distintos estados de concentración. Las industrias que se incluyen en este grupo se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. División del Sector de Alimentos.

SECTORES	SUBSECTORES
LACTEOS Leche y sus derivados	
FRIGORIFICOS	<ul style="list-style-type: none">• Sacrificio de ganado, productos y derivados cárnicos.• Sacrificio de aves.
CAFETERO Transporte y lavado de granos fermentados	

- **Industria de los lácteos.** Los vertimientos de estas empresas están constituidos en su mayor parte por diferentes diluciones de leche cruda, leche tratada, mantequilla y sueros, además restos de lavados que contienen productos químicos alcalinos. Las empresas lácteas que pertenecen al programa de tasa retributiva del sector de la quebrada Chapal- Miraflores son tres.

ALIVAL es una empresa láctea encargada de realizar el acopio y enfriamiento de leche para luego enviarla a la planta pasteurizadora en el Valle. En el proceso de esta empresa se realizan varias actividades como: lavado de cantinas y del clarificador, bombeo al sistema de enfriamiento, lavado total del piso, almacenamiento temporal y despacho en carro tanque. El nivel de producción promedio de ALIVAL es de 16.000 litros.

La empresa lácteos Andinos fabrica leche pasteurizada, yogurt, quesos y arequipe. Con niveles de procesamiento entre 9.000 y 15.000 litros diarios de leche. Sus vertimientos los realizan directamente a la fuente quebrada Chapal. Las aguas residuales generadas por esta empresa tienen alta carga orgánica compuesta por residuos azucarados, fermentos lácticos, suero y restos de caseína, que inciden en el incremento de los parámetros DBO₅ y SST. Lácteos la Victoria es una empresa que fabrica yogurt, quesos y arequipe.

- **Sector Frigoríficos.** Frigovito es el nombre de una de las centrales de sacrificio del municipio de Pasto, el nivel de producción promedio de Frigovito son 120 bovinos y 70 porcinos. En esta empresa hay dos puntos principales de producción de residuos: los corrales para el ganado y el matadero. El ganado es encerrado en los corrales hasta su sacrificio. El sacrificio, la preparación de las carnes y algunas elaboraciones de productos secundarios se realizan en el matadero. Los animales se inmovilizan y se dejan sangrar sobre el suelo donde se efectúa el sacrificio. Para obtener el producto acabado, es decir las piezas de carne fresca, más unos cuantos productos cárnicos secundarios, como son el corazón, el hígado y la lengua, se realizan varias operaciones.

Las reses muertas se preparan, se lavan y se cuelgan en las cámaras frigoríficas. El hígado, el corazón, los riñones, la lengua, la cabeza, etc., se envían a las cámaras frigoríficas para su congelación antes de su envío al mercado. Se separan las pieles, cueros, pellejos del ganado vacuno o porcino, y se curan con sal y amontonan en las pilas hasta que se envían a los curtidores. Se extraen las vísceras, y junto con los huesos de la cabeza y de las patas, se envían a la planta de subproductos, otros huesos se envían a las fábricas de colas. La sangre se procesa en cooker para producir harina de sangre, esta práctica permite recuperar este subproducto y

convertirlo en valor agregado y base para la elaboración de concentrados para animales; esta recuperación y aprovechamiento de la sangre permite reducir las cargas contaminantes, debido a que este elemento proporciona materia orgánica a las aguas residuales, sin embargo los otros procesos desarrollados en la planta generan agua residual con importante aporte de cargas contaminantes.

Industria de mataderos de aves. Aunque Pasto no tiene las condiciones climáticas para el desarrollo de la avicultura, posee varias plantas de sacrificio en su jurisdicción que brindan sus servicios a los municipios aledaños donde existe cría de aves. Dentro de este trabajo se muestrearon dos avícolas: Pollo al Día y el Tejar. Los vertimientos de estas empresas están constituidos principalmente por la sangre producto del sacrificio, gallinaza, plumas, vísceras, uñas, picos, piel (queratina), entre otros, generadas en las demás etapas del beneficio. Además de aguas provenientes del escaldado, del lavado de las instalaciones y equipos de la planta de beneficio y de la desinfección de las instalaciones y equipos de la planta de beneficio.

En las avícolas, los pollos se envían a las plantas de elaboración y se cuelgan vivos, suspendidos de las patas, en una cadena móvil que los lleva hasta la mesa del sacrificio, donde se les abre el cuello, la sangre se vierte en una cubeta, de aquí a unos bidones para su almacenamiento y posteriormente se utiliza como alimento para porcinos. Al pasar esta cadena por todas las zonas de la planta, las aves se despluman, lavan, limpian, se vuelven a lavar y finalmente se separan de la cadena, todo ello de forma mecánica. El ave preparada se corta a continuación, se congela o solamente se refrigera, según como se va a vender.

El sistema de tratamiento del primer usuario está formado por un sistema preliminar con rejillas de retención de plumas; un sistema primario formado por una trampa de grasas y finalmente un sistema secundario o biológico conformado por un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). A diferencia de la avícola Pollo al día, la avícola el Tejar no posee ningún sistema de tratamiento de aguas residuales.

- **Industria del café.** La empresa de café donde se tomaron muestras de aguas residuales fue Morasurco Café Puro. En esta industria se genera contaminación por producción de gases y residuos sólidos del proceso de tostión. La generación de aguas residuales de esta empresa no se deben al proceso del café, ya que en el café seco el fruto se recoge del cafeto y se le quita la cáscara por molienda en seco, por lo tanto no hay generación de aguas residuales del beneficio del café, las aguas residuales de esta empresa se deben a las actividades diarias de los empleados y al lavado ocasional de vehículos. Las industrias del café solo se dedican al proceso de tostión.

1.5.3 Sector de materiales

En el municipio de Pasto se han identificado varios establecimientos dedicados al lavado de arena, en el sector estudiado se encuentran las minas las Terrazas y Armenia. Los vertimientos líquidos provenientes de las minas de arena derivan del lavado de las mismas. Estos vertimientos se caracterizan por la alta concentración de sólidos suspendidos totales de fácil sedimentación por su peso y las bajas concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno.

1.5.4 Sector de servicios

La principal fuente de agua residual está constituida por el lavado de vehículos y cambio de aceites y engrase. Las aguas residuales que se producen en el lavado de vehículos son vertidas a los alcantarillados, después de pasar por una trampa de sólidos. Se estima que para cada vehículo se utilizan entre 200 y 350 litros de agua. En la estación de servicio los Fundadores el nivel promedio de producción son dos vehículos diarios. El sistema de tratamiento de la empresa está compuesto por, sistema primario: 3 trampas para grasas y un desarenador.

1.6 TASAS RETRIBUTIVAS

1.6.1 Que son las Tasas Retributivas. “Las tasas retributivas son los precios que cobra el Estado, a través de la autoridad ambiental regional CORPONARIÑO en su jurisdicción, por el servicio prestado de utilizar las corrientes de agua como receptoras y depósito de vertimientos”.⁴ El objetivo central de las tasas retributivas es reducir la contaminación que reciben las fuentes hídricas; para conseguirlo, busca incentivar a todos los usuarios a establecer alternativas técnicamente eficientes para reducir sus vertimientos, antes del pago de las tasas.

La Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO, encargada de velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental, es la entidad encargada del Control y monitoreo de los establecimientos generadores de vertimientos, inicialmente por medio del Decreto 1594/84 que establece un porcentaje de remoción en DBO₅ y SST para los vertimientos de las empresas, y ahora con este otro instrumento económico complementario que está establecido por el Decreto 3100 de 2003 y el Decreto 3440 de 2004. Básicamente el “Plan de Implementación de la Tasa Retributiva” debe contener al menos las siguientes etapas:

- Identificación de usuarios.
- Divulgación de información sobre el programa al sector regulado.
- Autodeclaración.
- Estimación de vertimientos.¹²
- Definición de cuencas y/o tramos. La quebrada Chapal - Miraflores es un tramo establecido en el proceso de tasa retributiva por CORPONARIÑO.
- Cálculo de la carga total vertida en el tramo o cuenca.
- Concertación de metas de reducción.
- Recepción de autodeclaraciones.
- Facturación, cobro y recaudo.
- Estructura de monitoreo y evaluación.
- Control de la contaminación y cobros.⁴

1.6.2 Referentes jurídicos para la implementación de las tasas retributivas.

- **Decreto 1594 del 26 de junio de 1984.** En los artículos 141-149 hace referencia a las tasas retributivas y las formulaciones para establecer el cobro. Según este decreto todo vertimiento a un cuerpo de agua debe cumplir, por lo menos, las normas que se muestran en la tabla 4.¹³

Tabla 4. Destinación del recurso hídrico (Preservación fauna y flora).

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
pH	5-9	5-9
Temperatura	< 40 °C	< 40° C
Material flotante	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
DBO		
Desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
Desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Fuente: Decreto 1594 del 26 de junio de 1984. Santa Fé de Bogotá. 1984. p. 28.

- **Decretos 3100 del 2003 y 3440 del 2004. Tasas retributivas.** “Las tasas retributivas y compensatorias deben ser aplicadas a todos los usuarios, sean estos residenciales o industriales, cuyos vertimientos se encuentren dentro de los límites permisibles que fije la ley. Inicialmente los parámetros considerados para la aplicación de tasas son los sólidos en suspensión (SST) y la carga orgánica (DBO₅)”.¹⁴

- **Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento básico RAS 2000, sector II, título E.** “Establece criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, operación y mantenimiento del tratamiento de aguas residuales (tabla 5)”.¹⁵

Tabla 5. Eficiencias de remoción establecidos para los sistemas de tratamiento Ras 2000.

Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de constituyentes (%)						
	DBO	DQO	SST	P	N Org	NH ₃ -N	Patógenos
Rejillas	Desp*	Desp	Desp.	Desp	Desp.	Desp.	Desp.
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	Desp	Desp.	Desp.	Desp.
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	Desp.
Lagunas de oxidación	50-70	---	20-60	---	---	---	90-99.99
Lagunas anaerobias	80-95	---	85-95	---	---	---	90-99.99
Lagunas aireadas	80-90	---	63-75	30	---	---	90-99.99
Lagunas facultativas							
Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	Desp.
Lodos activados	80-95	80-95	80-90	10-25	15-20	8-15	Desp.
Cloración	Desp.	Desp	Desp.	Desp	Desp.	Desp.	100

* Despreciable

Fuente. Reglamento interno del sector agua potable y saneamiento básico. RAS 2000.

- **Resolución 1433 diciembre de 2004.** “Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones”.¹⁶

2. METODOLOGÍA

2.1 SITIOS DE MUESTREO

2.1.1 Ubicación de las estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal-Miraflores

Para determinar la calidad del agua de la quebrada Chapal – Miraflores, CORPONARIÑO ha seleccionado 3 estaciones de muestreo para realizar la caracterización fisicoquímica del agua, ya que las descargas se hacen dispersas a lo largo de la quebrada, donde el sector industrial tiene gran influencia. En la tabla 6 y en la figura 1 se presentan las estaciones de muestreo para determinar la calidad del agua sobre la quebrada Chapal - Miraflores.

Tabla 6. Estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal - Miraflores.

LUGAR	COORDENADAS		ALTURA (msnm)
	N°	W°	
1 Miraflores	1°8'48,7"	77°18'25,6"	2915
2 Parque Chapalito	1°11'20,9"	77°16'30,1"	2835
3 Hospital Departamental	1°12'16"	77°16'7,5"	2540

2.1.2 Identificación de los usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal. Inicialmente, se hizo una revisión bibliográfica, en la cual se identificó un panorama general del sector productivo industrial que descarga sus vertimientos líquidos a la quebrada Chapal de la cuenca del río Pasto. Esta información se obtuvo de los expedientes existentes en la Subdirección de calidad, evaluación y conocimiento ambiental de CORPONARIÑO para los diferentes usuarios. Se tuvo en cuenta criterios como ubicación, proceso productivo, horario de producción, representante legal y sistema de tratamiento de aguas residuales, como se muestra en la tabla 7.

Figura 1. Mapa con estaciones de muestreo sobre la quebrada Chapal - Miraflores.

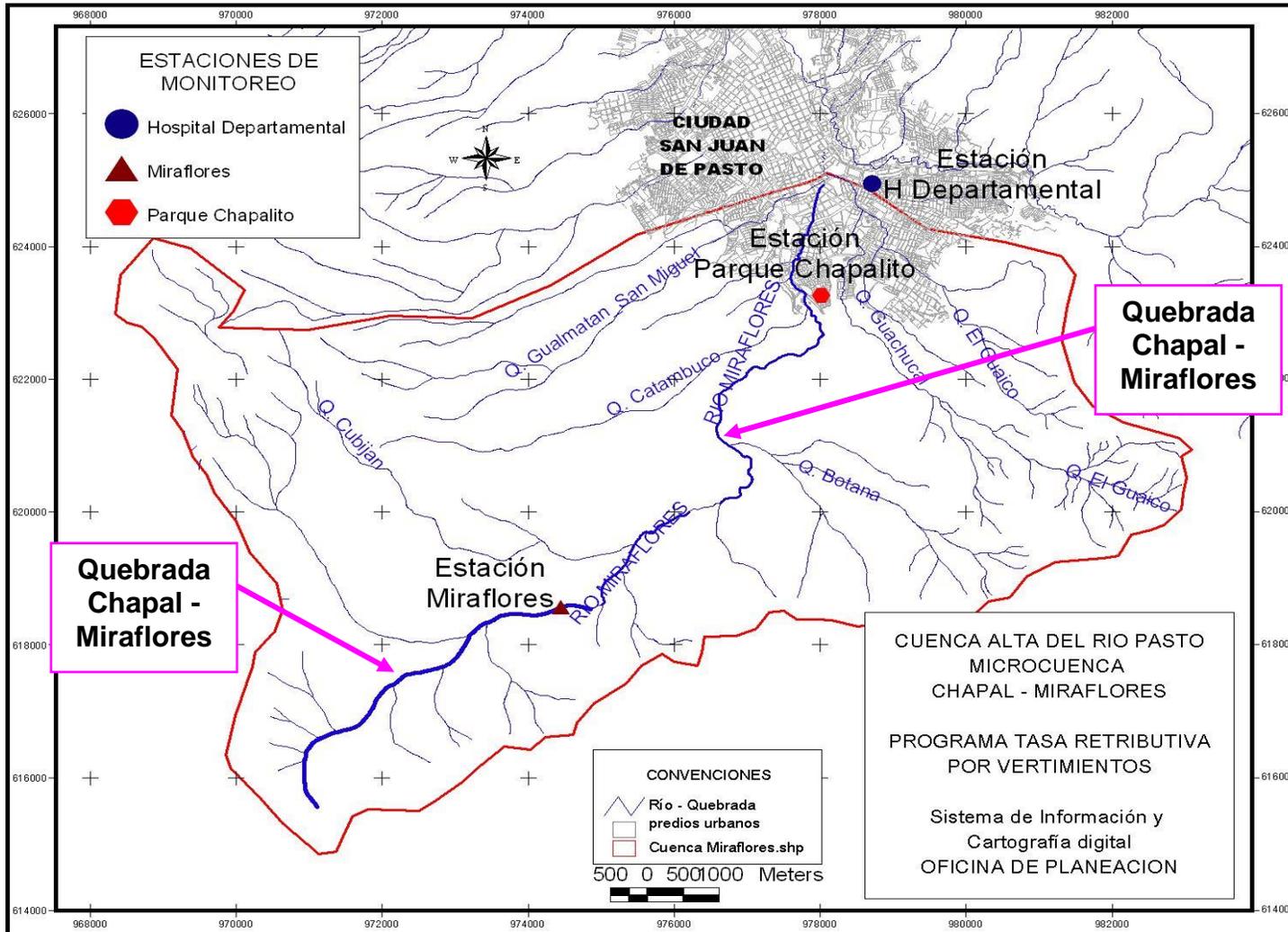


Tabla 7. Usuarios del programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal - Miraflores.

USUARIO	UBICACIÓN	PROCESO PRODUCTIVO	HORARIO DE PRODUCCION	REPRESENTANTE LEGAL	SISTEMA DE TRATAMIENTO
MOTEL LOS FAROLES	Catambuco Vía al sur Km 4	Hospedaje	24 horas Lunes a domingo	ARTURO PEREIRA CIA	Tanque séptico, Trampa de grasas y campo de infiltración
MOTEL CUPIDO	Catambuco Km 6 vía al sur	Hospedaje	24 horas Lunes a domingo	JAIME OBANDO	Tanque séptico, Trampa de grasas
MOTEL LAS DELICIAS	Catambuco Km 4 vía Ipiales	Hospedaje	24 horas Lunes a domingo	ETELVINA BOTINA	Tanque séptico, Trampa de grasas
ALIVAL	Catambuco Km 7 vía al sur	Almacenamiento de leche	7:00 am a 11:00 am Lunes a sábado	GERARDO DEL HIERRO	Ninguno
LÁCTEOS ANDINOS	Catambuco Km 7 vía sur	Lácteos	7:00 am a 4:00 pm Lunes a sábado	SALVADOR ESCOBAR	Ninguno
LÁCTEOS LA VICTORIA	La coba negra vía Ipiales	Lácteos	6:30 am a 4:00 pm Lunes a sábado	MARIA FERNANADA PORTILLA	Trampa de grasas, Sedimentador
CENTRAL DE SACRIFICIO FRIGOVITO	Jongovito	Frigorífico	6:00 am a 2:00 pm Lunes a sábado	CARLOS SERRANO WAGNER	TRATAMIENTO PRIMARIO: Trampa de grasas, sedimentadores. TRATAMIENTO SECUNDARIO: lagunas de oxidación, aerobia y anaerobias. Cloración.
AVICOLA Pollo al día	Catambuco	Pollo	2:00 pm a 1:00 am Lunes a sábado	GUILLERMO MEJIA	Rejillas de retención de plumas. SISTEMA PRIMARIO: Una trampa de grasas. SISTEMA SECUNDARIO: un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).
AVICOLA EL TEJAR	Mocondino	Pollo	6:00 am a 2:00 pm Lunes a sábado	EFRAIN RUANO	Ninguno
MORASURCO CAFÉ PURO	Catambuco Km 7 vía sur	Café	8:00 am a 6:00 pm Lunes a viernes	MANUEL ROMO	Ninguno
MINA LAS TERRAZAS	Km 3 vía al sur	Arena	Lavado 3 días a la semana	TOMÁS CAICEDO	Sedimentadores, Recirculación
MINA ARMENIA	Km 2 vía al sur	Arena	Lavado 2 días a la semana/ 7 horas	MAURO BASTIDAS	Sedimentadores
ESTACION DE SERVICIO LOS FUNDADORES	Km 8 vía al sur	Lavado de autos	8 am a 5:30 pm Lunes a sábado		Trampa de grasas, Sedimentador

2.1.3 Ubicación geográfica de las industrias sobre la quebrada Chapal - Miraflores

Para la ubicación de las industrias se tomó un plano del municipio de Pasto donde se situó el sector industrial que descarga sus vertimientos líquidos a la quebrada Chapal - Miraflores, como se muestra en la figura 2.

2.2 TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

La toma de las muestras de los vertimientos de los usuarios se realizó 2 veces cada tres meses durante un período de 6 meses. Se tomaron muestras compuestas de aguas residuales antes y después de los sistemas de tratamiento de aguas en las empresas que los han implementado y en las empresas que no poseen sistemas de tratamiento se tomó la muestra a la salida del proceso productivo, con el fin de determinar los porcentajes de remoción de estos sistemas. Estas muestras fueron recogidas cada cuarto de hora por un periodo de seis horas en frascos de plástico debidamente lavados y etiquetados. Las muestras de agua de la quebrada Chapal se tomaron en las tres estaciones determinadas por CORPONARIÑO. Para la toma de muestras se siguió la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM¹⁷, las cuales se basan en la recopilación del Standard Methods.

Las muestras se tomaron en recipientes de boca ancha etiquetados. Para cada muestra se llevó un registro, donde se especificó su identificación, número de muestra, tipo de análisis, lugar, fecha y hora de toma y descripción de los aspectos relevantes del sitio de muestreo. Cada muestra se marcó, indicando en el formato nombre, número de la muestra, el tipo de análisis para la cual fue tomada y la fecha y hora en que se realizó el muestreo.

Las muestras de agua de la entrada y la salida de los sistemas de tratamiento se fueron almacenando apropiadamente en un refrigerador y al final del periodo de muestreo se mezclaron en proporción directa al caudal aforado en cada instante del muestreo. Al llegar al laboratorio de aguas de CORPONARIÑO se tomaron diferentes porciones de cada muestra, dos de ellas fueron analizadas de inmediato para la determinación de DQO y DBO₅, la otra muestra se refrigeró y se preservó por separado para realizar el análisis de SST.

En la tabla 8 se dan los métodos de preservación utilizados para varios constituyentes: la estimación del volumen de muestra requerido para su análisis, el

tipo de recipiente sugerido y el tiempo máximo de almacenamiento recomendado para muestras preservadas en condiciones óptimas.

Tabla 8. Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con las mediciones.

Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo en mL	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo Conservación
pH	P, V	50	S	Inmediato	-
Temperatura		-	S		
Sólidos	P, V	200	S, C	Refrigerar	2 – 7 días
DBO ₅	P, V	1000	S	Refrigerar	48 horas
DQO	P, V	100	S, C	H ₂ SO ₄ a pH<2. Refrigerar	28 días

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th USA, 1990.

P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o (P) = enjuagado con HNO₃ 1+1; S = simple o puntual; c = compuesta. Refrigerar = almacenar a 4 °C en ausencia de luz.

2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS

Una vez en el laboratorio de aguas de CORPONARIÑO se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos, DBO₅, DQO y SST. Para poder obtener las características físicas y químicas de los vertimientos líquidos y evaluar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas, dieciséis muestras de las entradas y veintiséis muestras de las salidas de los diferentes usuarios como se observa en la tabla 9. Para el caso de las muestras de la quebrada Chapal, se tomaron seis muestras puntuales en total, dos muestras de cada estación de muestreo. A cada una de las muestras se le determinó cada uno de los parámetros por triplicado, y a las muestras de la quebrada además se le determinó el oxígeno disuelto. Todos los análisis fueron realizados de acuerdo con los métodos oficializados en el Standard Methods,⁶ empleando en cada caso blancos de reactivos.

Figura 2. Ubicación geográfica de las industrias sobre la quebrada Chapal - Miraflores.

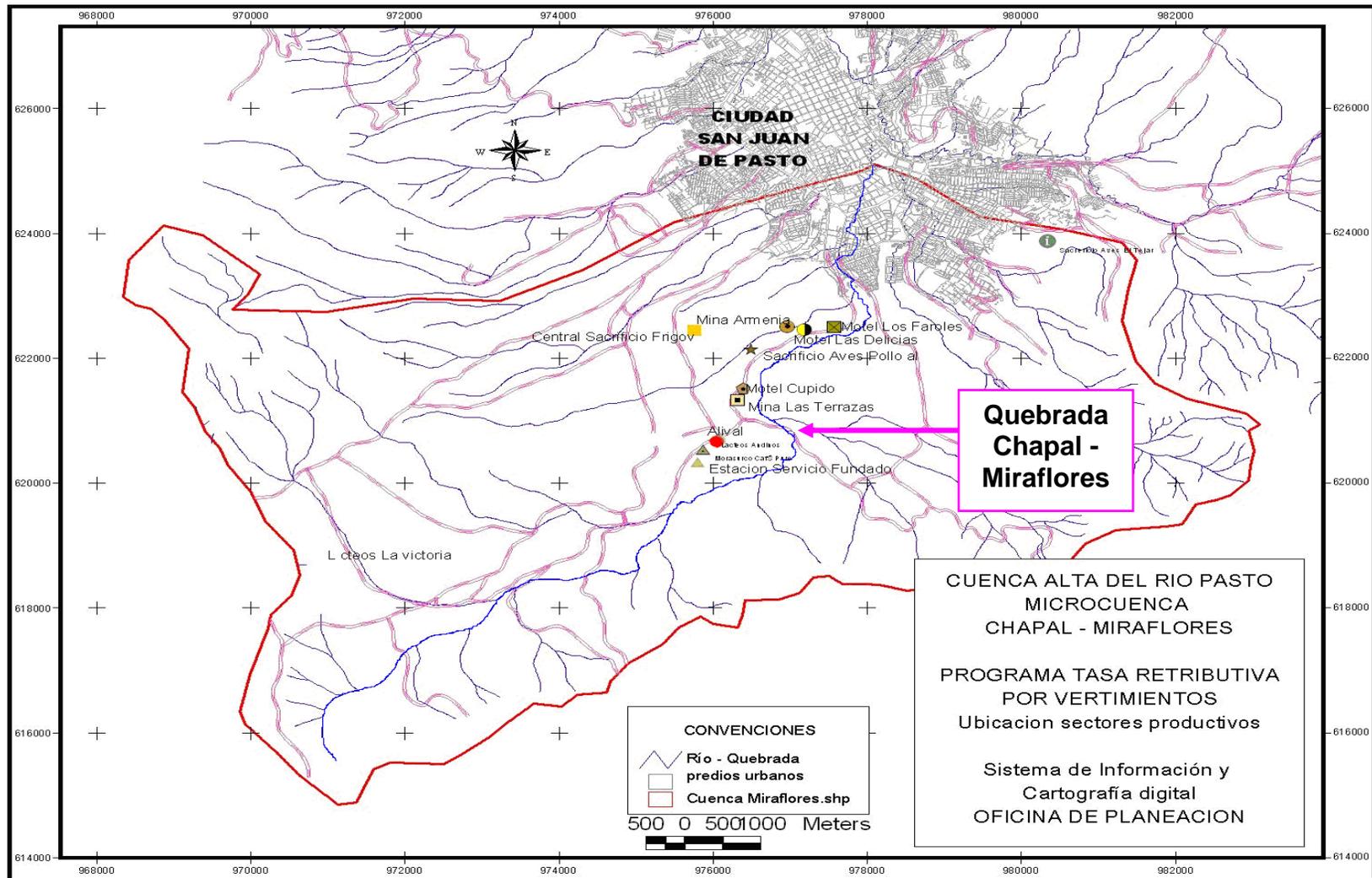


Tabla 9. Número de muestras obtenidas en las diferentes empresas.

USUARIOS	MUESTREO 1 ENTRADA	MUESTREO 2 ENTRADA	MUESTREO 1 SALIDA	MUESTREO 2 SALIDA	NÚMERO DE MUESTRAS
MOTEL LOS FAROLES	1	1	1	1	4
MOTEL LAS DELICIAS	1	1	1	1	4
MOTEL CUPIDO			1	1	2
ALIVAL			1	1	2
LÁCTEOS ANDINOS			1	1	2
LÁCTEOS LA VICTORIA	1	1	1	1	4
FRIGOVITO	1	1	1	1	4
AVICOLA POLLO AL DÍA	1	1	1	1	4
AVICOLA EL TEJAR			1	1	2
MORASURCO CAFÉ PURO			1	1	2
MINA LAS TERRAZAS	1	1	1	1	4
MINA ARMENIA	1	1	1	1	4
ESTACION DE SERVICIO LOS FUNDADORES	1	1	1	1	4
MUESTRAS	8	8	13	13	

2.3.1 pH

Se determinó en campo mediante el uso de un pH-metro portátil in situ.

2.3.2 Temperatura

Se midió in situ con un termómetro de vidrio de 10 -110 °C.

2.3.3 Oxígeno disuelto (OD)

- **Estandarización del tiosulfato.** En un erlenmeyer de 250 mL se adicionaron 10 mL de solución de yoduro de potasio, 15 mL de solución de ácido sulfúrico 2 N y 10 mL de solución de dicromato de potasio (0.025 N). Se diluyeron hasta 200 mL con agua destilada y se tituló con tiosulfato hasta un viraje de pardo oscuro a amarillo claro en la solución, inmediatamente se adicionaron tres gotas de almidón y se continuó la titulación hasta un viraje de azul claro a incoloro por la adición de una gota de tiosulfato.

- **Determinación de oxígeno disuelto (OD).** En una botella winkler de 300 mL se adicionó una pequeña cantidad de la muestra y se completó hasta 300 mL con agua de dilución, se adicionó 1.0 mL de sulfato manganoso, 1.0 mL de azida de sodio. Luego se invirtió la botella hasta observar un precipitado café, se adicionó 1.0 mL de ácido sulfúrico concentrado y se invirtió la botella hasta completa homogeneidad de la solución. Se tomaron 202 mL de esta solución y se titulo con la solución estandarizada de tiosulfato de sodio hasta la aparición de un color amarillo claro, momento en el cual se adicionó tres gotas de indicador de almidón y se continuó la titulación hasta un viraje de azul a incoloro. El oxígeno disuelto de la muestra se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$OD \text{ (mg/L)} = \frac{V \times N \times 8000}{V_m}$$

Donde:

V = Volumen en mL de tiosulfato utilizados en la titulación de la muestra.

N = Normalidad de la solución de tiosulfato estandarizada.

V_m = Volumen de muestra titulada (en este caso 202 mL).

2.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

- **Preparación de las muestras en botellas DBO.** En dos botellas winkler de 300 mL se adicionó un pequeño volumen de muestra conocido, de acuerdo con la tabla 10 y se agregó agua de dilución de tal manera que al insertar el tapón se desplazara todo el aire, sin dejar burbujas y se colocó una copa de papel aluminio sobre la boca de la botella para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación. Se determinó el oxígeno disuelto inicial en una de las dos botellas y se tapó herméticamente la segunda con sello de agua, para luego incubar por 5 días a 20 °C.

Tabla 10. Volúmenes para dilución en la determinación de la DBO₅.

mL de muestra	Rango de la DBO ₅ mg/L
1.0	600-2100
2.0	300-1050
5.0	120-1420
10	60-210
20	30-105
50	12-42
100	6-21
300	0-7

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Cauca. Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅-días.

- **Determinación de OD inicial.** La determinación se realizó como se describe en 2.3.3.
- **Determinación de OD final:** Se determinó OD en las muestras después de cinco días de incubación como se describe en 2.3.3. La DBO₅ de la muestra se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/L): } \frac{\text{OD}_i - \text{OD}_f \times 300\text{mL}}{p}$$

Donde:

OD_i = Oxígeno disuelto inicial de la muestra (mg/L)

OD_f = Oxígeno disuelto final (mg/L)

p = fracción volumétrica decimal de la muestra empleada.

2.3.5 Demanda química de oxígeno DQO

- **Estandarización de la solución de sulfato ferroso amoniacal (FAS).** Se tomaron 5 mL de la solución de dicromato de potasio 0.25 N y se aforaron a 50 mL con agua destilada. Se adicionaron cuidadosamente 15 mL de ácido sulfúrico concentrado (enfriar mezcla) y luego se tituló con FAS utilizando dos gotas de ferroína como indicador, hasta una leve coloración rojiza después de pasar por una gama de colores.
- **Digestión de la muestra a reflujo cerrado.** Se tomaron 2.5 mL de la muestra, y se depositaron en los tubos, a continuación se añadió 1.5 mL de dicromato de potasio 0.1 N y 3.5 mL de reactivo de ácido sulfúrico, luego los tubos se colocaron en el termo reactor a 150 °C durante dos horas. Se dejó enfriar los tubos a temperatura ambiente, se destaparon y se adicionaron dos gotas de ferroína, se agitaron los tubos rápidamente en un agitador magnético mientras se titulaba con sulfato amonio ferroso FAS 0.1 N previamente estandarizado. Paralelamente se montó un blanco con agua destilada, el reactivo de ácido sulfúrico y la solución de dicromato de potasio. De ésta manera la cantidad de dicromato consumido fue calculada en términos de oxígeno equivalente en mg/L de muestra mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DQO como mg de O}_2\text{/L} = \frac{(\text{A-B}) \times \text{N} \times 8000}{\text{mL de Muestra}}$$

Donde:

A = mL FAS usados para el blanco

B = mL FAS usados para la muestra, y
N = normalidad del FAS.

2.3.6 Sólidos suspendidos totales SST

- **Preparación del filtro de fibra de vidrio.** Se insertó el filtro circular en el aparato de filtración con el lado rugoso hacia arriba, se aplicó vacío y se lavó el filtro con tres porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada; se continuó la succión hasta remover todas las trazas de agua. Luego se removió el filtro y se transfirió a un disco de pesaje. Se secó en una estufa a 103-105 °C por 1 hora. Se dejó enfriar en un desecador y se pesó. Se repitió el ciclo de secado, enfriado, desecado y pesado hasta que se obtuvo un peso constante. Se guardó el filtro en un desecador hasta que se empleó.
- **Análisis de muestras.** Se ensambló el filtro al aparato de filtración y se inició la succión; se humedeció el filtro con una pequeña cantidad de agua destilada para fijarlo. Mientras se agitaba la muestra con un agitador magnético, se tomaron dos alícuotas de 25 mL con pipeta y se transfirió al filtro. Se lavó el residuo con tres porciones sucesivas de 10 mL de agua destilada, y se dejó secar completamente entre lavados; se continuó la succión por tres minutos después de completar la filtración. Se sigue el mismo procedimiento de la preparación del filtro de fibra de vidrio. El contenido de sólidos suspendidos totales de la muestra se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Sólidos suspendidos totales mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{mL de Muestra}}$$

Donde:

A = peso del filtro + residuo seco, mg, y

B = peso del filtro, mg.

2.3.7 Medición del Caudal

El método de aforo utilizado para los vertimientos de los usuarios fue el volumétrico manual, en el cual se utilizó un cronómetro y un recipiente aforado. Se tomó un volumen de muestra cualquiera y se midió el tiempo transcurrido desde que se introdujo el recipiente a la descarga hasta que se retiró de ella. La relación de estos dos valores permitió conocer el caudal en ese instante de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= Caudal (L/s)

V= Volumen (L)

t = Tiempo (s)

2.3.8 Cargas contaminantes

Para determinar las cargas contaminantes individuales de los usuarios sobre la quebrada Chapal y la carga contaminante total de la quebrada se tuvo en cuenta lo contemplado en el artículo 4 del Decreto 3100 de 2003 para lo cual se consideraron las siguientes definiciones:

- **Carga contaminante diaria (Cc).** Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas, es decir:

$$\text{Carga (kg/día)} = \text{Caudal (L/s)} \times \text{Concentración (mg/L)} \times 0.0864 \times (t/24)$$

Caudal promedio (Q). Corresponde al volumen de vertimientos por unidad de tiempo durante el período de muestreo se expresará en litros por segundo (L/s).

Concentración (C). Es el peso de un elemento, sustancia o compuesto, por unidad de volumen del líquido que lo contiene, se expresará en miligramos por litro (mg/L), excepto cuando se indiquen otras unidades.

0.0864. Factor de conversión de unidades.

2.3.9 Porcentaje de remoción. El porcentaje de remoción que ofrecen los Sistemas de tratamiento de aguas residuales se calculó teniendo en cuenta el Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984, así:

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico realizado a las muestras del afluente y efluente de los vertimientos líquidos de las empresas pertenecientes al programa de tasa retributiva de la quebrada Chapal, siguiendo los procedimientos expuestos en la metodología (sección 2). Todo esto, con el fin de hacer una caracterización de la composición de estos vertimientos, para conocer su carga contaminante y a la vez evaluar la eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados.

Los dos períodos de toma de muestras coincidieron con una época lluviosa a la cual corresponden los meses de enero, febrero marzo y abril, y una época de verano a la cual corresponden los meses de mayo y junio. Así fue posible observar la variación de los diferentes parámetros contaminantes de acuerdo a las condiciones climáticas presentes en la región.

3.1 VARIACIÓN DE PRECIPITACION

Los datos de precipitación en Pasto se obtuvieron en la página web del IDEAM¹⁸. Los datos corresponden al rango de la precipitación que se presentó en cada uno de los días de muestreo y se presentan en la tabla 11.

3.2 MEDICIONES EN CAMPO DE pH, TEMPERATURA Y CAUDAL

En la tabla 12 se muestra los promedios de los datos registrados en las mediciones en campo de caudal, pH y temperatura durante seis horas de muestreo en la entrada y salida de los sistemas de tratamiento para las empresas que los han implementado y los datos de la salida para las empresas que no los poseen, y como anexo se presentan en las tablas 37-49 todos los datos registrados en campo de estos tres parámetros para cada empresa durante las seis horas de muestreo. Las mediciones de temperatura, pH y caudal se realizaron por triplicado cada cuarto de hora durante seis horas, los datos en las tablas 37-49 corresponden al promedio de estas tres mediciones. En el análisis estadístico se establece el rango para cada parámetro, dándose el valor mínimo y máximo para cada uno de ellos, también se calculó el valor promedio de las mediciones.

Tabla 11. Variación de precipitación en la ciudad de San Juan de Pasto.

EMPRESA	MUESTREO	FECHA	Precipitación (mm)
MOTEL LOS FAROLES	1	31/01/2006	5.1 - 10.0
	2	25/04/2006	1.1 - 5.0
MOTEL CUPIDO	1	13/02/2006	1.1 - 5.0
	2	12/05/2006	0.1 - 1.0
MOTEL LAS DELICIAS	1	03/03/2006	0.1 - 1.0
	2	06/06/2006	1.1 - 5.0
ALIVAL	1	17/01/2006	1.1 - 5.0
	2	04/04/2006	20.1 - 40.0
LÁCTEOS ANDINOS	1	27/01/2006	1.1 - 5.0
	2	20/04/2006	1.1 - 5.0
LÁCTEOS LA VICTORIA	1	06/02/2006	0.1 - 1.0
	2	06/05/2006	1.1 - 5.0
CENTRAL DE SACRIFICIO FRIGOVITO	1	12/01/2006	0.1 - 1.0
	2	06/04/2006	1.1 - 5.0
AVICOLA Pollo al día	1	27/02/2006	1.1 - 5.0
	2	23/05/2006	0.1 - 1.0
AVICOLA EL TEJAR	1	15/03/2006	5.1 - 10.0
	2	21/06/2006	5.1 - 10.0
MORASURCO CAFÉ PURO	1	06/03/2006	5.1 - 10.0
	2	12/06/2006	1.1 - 5.0
MINA LAS TERRAZAS	1	16/02/2006	0.0
	2	08/05/2006	1.1 - 5.0
MINA ARMENIA	1	24/03/2006	1.1 - 5.0
	2	21/06/2006	1.1 - 5.0
ESTACION DE SERVICIO LOS FUNDADORES	1	31/03/2006	0.1 - 1.0
	2	31/03/2006	1.1 - 5.0
QUEBRADA CHAPAL	1	10/01/2006	0.1 - 1.0
	2	05/04/2006	20.1 - 40.0

Fuente: <http://www.ideam.gov.co/tiempo/precipitaciones>.

Tabla 12. Promedios de los parámetros de campo.

EMPRESA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
MOTEL LOS FAROLES	0.046*	0.042	21.46	20.80	6.66	8.01	0.022	0.020	16.00	15.50	6.78	6.95
MOTEL CUPIDO	---	0.42	---	20.10	---	7.02	---	0.56	---	15.66	---	7.18
MOTEL LAS DELICIAS	1.00	0.33	21.50	20.80	7.06	7.00	0.31	0.12	22.40	22.90	7.80	7.26
ALIVAL	---	0.90	---	15.53	---	6.94	---	0.90	---	16.12	---	6.70
LÁCTEOS ANDINOS	---	0.70	---	17.01	---	7.39	---	0.65	---	16.95	---	7.63
LÁCTEOS LA VICTORIA	0.76	1.14	14.00	14.50	4.75	4.68	0.85	1.23	14.88	3.96	8.89	8.42
FRIGOVITO	1.11*	1.00	17.80	14.50	8.15	7.19	1.11	1.00	25.30	18.00	7.00	7.07
AVICOLA Pollo al día	0.62*	0.56	17.50	17.10	7.33	8.96	0.82	0.74	16.66	16.34	7.18	7.52
AVICOLA EL TEJAR	---	1.39	---	16.34	---	6.99	---	1.88	---	17.10	---	7.00
MORASURCO CAFÉ PURO	---	0.70	---	18.60	---	6.48	---	0.91	---	20.06	---	7.15
MINA LAS TERRAZAS	0.07	0.04	17.20	16.80	7.58	7.59	0.75	0.10	16.90	16.20	7.16	7.01
MINA ARMENIA	5.94*	5.35	17.30	16.50	7.87	7.87	4.93	4.44	18.50	17.63	7.98	7.85
ESTACION DE SERVICIO LOS FUNDADORES	1.27*	1.15	16.20	5.73	7.36	7.14	1.48	1.34	17.42	16.76	7.12	7.03

*Para las empresas donde no se pudo determinar el caudal de entrada, éste se calculó teniendo en cuenta que el caudal de entrada corresponde al de salida con un coeficiente de retorno entre 0.8 y 0.9 según el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, sector II, título D y título E, ¹⁵ donde se establece la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_e \times 0.9$$

Donde:

Q_e = Caudal de entrada

Q_s = Caudal de salida

0.9 = Coeficiente de retorno

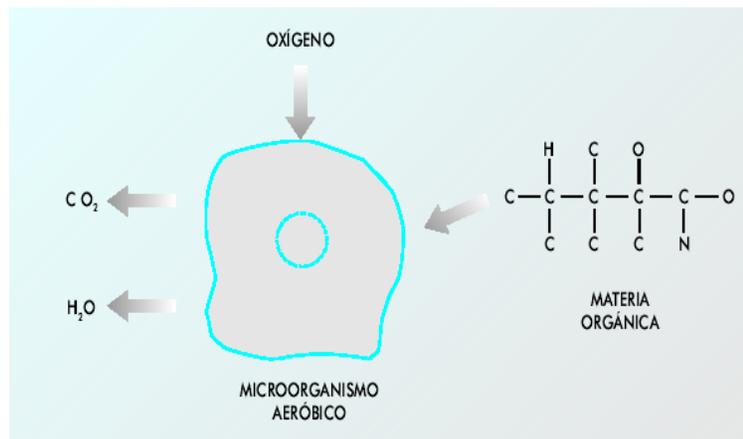
3.3 VARIACIÓN DE DBO₅, DQO Y SST

Los sistemas de tratamiento existentes en las diferentes empresas pueden ser aerobios o anaerobios, y su funcionamiento se basa en las reacciones químicas que ocurren entre las bacterias y la materia orgánica.

- **Sistemas aeróbicos**

Se basan en la capacidad que tienen ciertos organismos en desdoblar la materia orgánica como se muestra en la Figura 3. Los organismos aeróbicos requieren la presencia de oxígeno para su desarrollo y reproducción. Cuando entran en contacto con las aguas residuales industriales usan las cadenas complejas de carbohidratos presentes en ellas como fuente alimenticia. Estas son utilizadas en su metabolismo generando agua purificada y un gas inerte e inoloro como el CO₂. En estos sistemas se proporcionan las condiciones ideales que promueven el desarrollo de organismos aeróbicos, para lo cual se realiza un suministro de oxígeno por medios naturales o artificiales.

Figura 3. Proceso de tratamiento aeróbico.

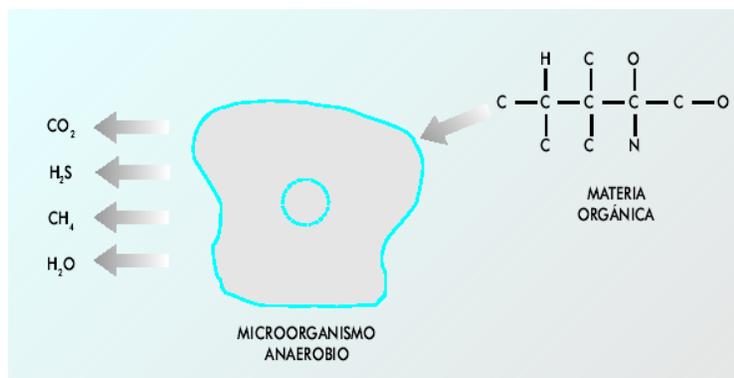


- **Sistemas Anaeróbicos**

Se basan en la acción de microorganismos anaeróbicos sobre la materia orgánica como se muestra en la Figura 4. Los organismos anaeróbicos no requieren oxígeno para su desarrollo y reproducción. Por el contrario, la presencia de este elemento es contraproducente para su metabolismo. Cuando están en contacto con las aguas residuales utilizan las cadenas complejas de carbohidratos y derivados como fuente alimenticia. Estas son utilizadas en su metabolismo generando agua purificada y gases principalmente el metano y el anhídrido sulfúrico.

El proceso ocurre en dos etapas; en la primera actúan organismos anaerobios heterotróficos que desdoblan proteínas, grasas y carbohidratos en constituyentes básicos, los cuales son metabolizados por bacterias anaerobias resultando en la formación de ácidos grasos volátiles. Esta etapa es llamada acidogénica. En la segunda, las bacterias obtienen su energía oxidando ciertos compuestos como hidrógeno, formatos, acetatos y metanol, produciendo metano de la reducción del CO_2 . Esta etapa es llamada metanogénica. Estas últimas bacterias son extremadamente sensibles a cambios en temperatura, pH y carga orgánica, y de su correcto manejo depende la eficiencia de los sistemas anaerobios.

Figura 4. Proceso de tratamiento anaerobio.



A continuación se encuentran los valores determinados de la DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para las empresas que los poseen y sólo de la salida para las empresas que no los han implementado. Algunas de las empresas se agruparon convenientemente de acuerdo a su actividad productiva para presentar los resultados y los análisis. En cuanto al análisis de remoción respecto a la norma (Decreto 1594/84), todas las empresas analizadas se consideran como usuarios nuevos, ya que se legalizaron en CORPONARIÑO bajo este marco legal.

3.3.1 Sector domiciliario. Las aguas residuales que se generan en los tres moteles y en la empresa Morasurco Café Puro se clasifican dentro del grupo de aguas residuales domésticas. La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de estos establecimientos se presenta en la tabla 13.

Tabla 13. Valores de DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector domiciliario.

		CONCENTRACIONES mg/L					
		DBO ₅		DQO		SST	
USUARIO	MUESTREO	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
MOTEL LOS FAROLES	1	128.48	26.40	233.60	48.00	20.00	13.00
	2	275.00	150.00	420.30	185.01	163.00	120.00
MOTEL CUPIDO	1	---	122.22	---	214.66	---	160.00
	2	---	68.33	---	130.12	---	46.67
MOTEL LAS DELICIAS	1	38.30	17.50	110.20	56.40	42.10	25.30
	2	80.00	42.50	128.00	96.00	44.34	27.09
MORASURCO CAFÉ PURO	1	---	280.00	---	321.50	---	556.00
	2	---	490.00	---	628.23	---	350.00

Los resultados obtenidos muestran que las concentraciones en DBO₅, DQO y SST de los efluentes de los tres moteles se encuentran dentro de los límites admisibles para la caracterización de aguas residuales domésticas, como se aprecia en la tabla 14.

Tabla 14. Caracterización máxima admisible para aguas residuales domésticas.

PARAMETROS	Limite Inferior	Limite Intermedio	Limite Superior
pH Unidades de pH	6-8	5.5 y 8.5	<4.5 y >9.0
SST mg/L de SST	50	200	400
DQO mg/L de O ₂	50	500	1000
DBO ₅ mg/L de O ₂	40	300	500

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogota, 1997. p. 95.

Las aguas residuales domésticas contienen materia orgánica abundante presente inicialmente como grasas, proteínas, carbohidratos y celulosas. Todas fácilmente biodegradables bien por vía anaeróbica o aeróbica. En el caso de la vía anaeróbica, el contenido alto de nitrógeno orgánico ayuda a obtener amonio como amortiguador y evitar una alta acidificación de las aguas receptoras. También contiene jabones, detergentes y partículas sólidas sedimentables.¹¹

Las aguas residuales producidas en Morasurco Café Puro también se clasifican como aguas residuales domésticas. De acuerdo con esto, el valor obtenido para la concentración de SST en el primer muestreo está por encima de los límites superiores exigidos, según la tabla 14, las concentraciones de DBO₅ y DQO si están dentro de los límites permitidos. En la industria cafetera Morasurco Café Puro las operaciones de transporte del fruto a los trituradores, de la pulpa a la tolva, de los granos a los depósitos de fermentación, lavado de granos fermentados y transporte de los granos fermentados a los patios de secado se realizan en las fincas proveedoras del producto, por tanto, esta industria se dedica netamente a la tostión, molienda, empaque y distribución; procesos que no implican el uso de agua. Por tanto, el aporte contaminante de la empresa Morasurco Café Puro corresponde solo a aguas residuales domésticas y al lavado ocasional de los vehículos de distribución del producto, lo cual puede haber aumentado la concentración de SST del primer muestreo.

En la tabla 15 se presentan las eficiencias de remoción en carga de DBO₅, DQO y SST de los tres moteles en estudio y de Morasurco Café Puro, determinadas a través de los valores de caudal y los datos de concentración de cada uno de los parámetros en la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Para determinar los porcentajes de remoción en DBO₅, DQO y SST, según lo establecido en el Decreto 1894/84 (ver tabla 4), se tomó un porcentaje del 80 %, ya que todos los usuarios están legalizados en CORPONARIÑO como usuarios nuevos.

Tabla 15. Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector domiciliario.

USUARIO	M	CARGA DBO ₅ Kg/día		% Rem	CARGA DQO Kg/día		% Rem	CARGA SST Kg/día		% Rem
		E	S		E	S		E	S	
MOTEL LOS FAROLES	1	0.51	0.10	81.20	0.93	0.17	81.72	0.08	0.05	40.70
	2	0.52	0.26	50.40	0.80	0.32	60.00	0.28	0.21	33.10
MOTEL CUPIDO	1	---	4.44	---	---	7.79	---	---	5.81	---
	2	---	4.60	---	---	8.77	---	---	3.15	---
MOTEL LAS DELICIAS	1	3.31	0.50	84.90	9.52	1.61	83.98	3.64	0.72	80.21
	2	2.14	0.44	79.44	3.42	0.99	71.05	1.19	0.28	76.27
MORASURCO CAFÉ PURO	1		5.64			6.48			11.27	
	2		12.84			16.46			9.17	

M: muestreo E: entrada S: salida % Rem: porcentaje de remoción.

Carga (kg/día) = Caudal (L/s) x Concentración (mg/L) x 0.0864 x (t/24)

Remoción (%) = $\frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$

Los porcentajes de remoción establecidos para el sistema de tratamiento de aguas residuales del motel los Faroles están por debajo del valor aceptado que es del 80 %, por lo cual no cumplen con la normatividad ambiental colombiana (Decreto 1594/84). El sistema de tratamiento del motel las Delicias presenta porcentajes de remoción eficientes para el primer muestreo, valores mayores del 80 %, y los valores del segundo muestreo son cercanos al 80 %, por lo que si cumple con el porcentaje exigido del 80 %, según el Decreto 1594/84. Esto se debe a que el sistema de tratamiento de esta empresa está en continuo mantenimiento, con lo cual se mantiene el funcionamiento óptimo de cada unidad. En el motel cupido no fue posible tomar las muestras a la entrada del sistema de tratamiento, por lo cual se hace necesario implementar una caja de inspección inicial que permita realizar las

labores de monitoreo a los vertimientos, y así determinar los porcentajes de remoción y la eficiencia de su sistema de tratamiento.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales de los tres moteles están compuestos por las mismas unidades que son: Trampa de grasa y un tanque séptico. En el tanque séptico, los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque, las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa de espuma. La materia orgánica retenida en el fondo del tanque se somete a un proceso de descomposición anaerobia y facultativa, transformándose en compuestos y gases más estables como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Aunque en los tanques sépticos se forme sulfuro de hidrógeno, no es común la formación de olores, ya que el sulfuro de hidrógeno se combina con los metales presentes formando sulfuros metálicos insolubles que se acumulan en los sólidos que se sedimentan.⁹

La remoción de DBO_5 en un tanque séptico puede ser del 30 al 50 % en teoría de acuerdo con la tabla 5. En el caso de las muestras analizadas se tiene que para DBO_5 los porcentajes de remoción están entre 50.40 y 84.90 %, valores acordes con la remoción para este sistema de tratamiento. El porcentaje de remoción de sólidos en el tanque séptico va de 50 a 70 % para aguas residuales domésticas típicas, teóricamente (Ver tabla 5). Los porcentajes de remoción en SST del motel los faroles 40.70 % y 33.10 %, para el muestreo 1 y 2 respectivamente, están por debajo del rango de remoción que ofrece este sistema. Esta baja remoción puede ser causada por la disminución de la actividad bacteriana por la falta de mantenimiento oportuno de esta unidad. La trampa para grasas del motel los Faroles presenta acumulación de residuos sólidos, lo que ocasiona que estos residuos se descarguen con el efluente, disminuyendo así el adecuado funcionamiento de este sistema.

Morasurco Café Puro no posee sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que las aguas residuales de esta empresa se vierten directamente al alcantarillado del corregimiento de Catambuco, que finalmente vierte a la quebrada Chapal, por lo que se hace necesaria la construcción del sistema de tratamiento para sus aguas residuales.

3.3.2 Industrias lácteas. Se clasifican dentro del sector de alimentos. Las aguas residuales generadas por este sector están constituidas en su mayor parte por diferentes diluciones de leche cruda, leche pasteurizada y sueros; restos de lavados que contienen productos químicos, alcalinos y ácidos, utilizados para limpiar los recipientes que contenían la leche, aguas de zonas calientes, sistemas

de evaporación, depósitos, lavado de áreas de proceso y agua de lavado de los procesos del queso, yogurt y otros, que llegan al efluente. La caracterización de las aguas residuales de estas empresas entregó las concentraciones mostradas en la tabla 16.

Tabla 16. Valores de DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las industrias lácteas.

USUARIO	PARÁMETRO MUESTREO	CONCENTRACIONES mg/L					
		DBO ₅		DQO		SST	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
ALIVAL	1	---	3120.00	---	4224.00	---	530.00
	2	---	2250.00	---	4115.00	---	765.00
LÁCTEOS ANDINOS	1	---	1802.00	---	3744.00	---	147.50
	2	---	1750.00	---	2133.30	---	60.00
LÁCTEOS LA VICTORIA	1	2838.00	1115.50	6400.00	2400.00	522.70	206.66
	2	2180.00	1357.50	4080.30	2240.65	300.00	158.50

Como se observa en la tabla anterior las cargas en DBO₅ y DQO para las dos primeras empresas ALIVAL y lácteos Andinos son altas, están por encima de los límites superiores, de acuerdo con lo observado en la tabla 17. Las concentraciones de SST para estos usuarios si están dentro de los límites admitidos, sin embargo podrían ser más bajas si estos vertimientos fueran tratados.

En las empresas ALIVAL y lácteos Andinos no hay sistema de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales generadas por ALIVAL, se mezclan con las aguas residuales de lácteos Andinos, ya que las empresas están continuas. Se plantea la construcción de la planta de tratamiento para las dos empresas porque existe una sanción por parte de CORPONARIÑO por incumplimiento de la Norma (Decreto 1594/84).

Tabla 17. Caracterización máxima admisible para una central lechera.

PARAMETROS	Limite Inferior	Limite Intermedio	Limite Superior
pH Unidades de pH	6-8	6-8	>9.0
SST mg/L de SST	50	180	600
DBO ₅ mg/L de O ₂	40	300	500
DQO mg/L de O ₂	50	600	1000

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogota, 1997. p. 104.

Las cargas en DBO₅ y DQO son mayores que la de SST, porque la carga orgánica en la mayoría de los casos es soluble, compuesta principalmente por lactosa y otros compuestos que aumentan la DBO₅ y la DQO.

Las concentraciones en DBO₅ y DQO para lácteos la Victoria son altas y sobrepasan los límites exigidos por la normatividad ambiental vigente, las cargas de SST son moderadas y están dentro de los valores máximos admisibles para las centrales lecheras, según la tabla 28. En la tabla 18 se presentan las eficiencias de remoción en carga de DBO₅, DQO y SST de los tres usuarios en estudio.

Tabla 18. Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las industrias lácteas.

USUARIO	M	CARGA DBO ₅ Kg/día		% Rem	CARGA DQO Kg/día		% Rem	CARGA SST Kg/día		% Rem
		E	S		E	S		E	S	
ALIVAL	1	---	80.87	---		109.48	---	---	13.74	---
	2	---	58.32	---		74.07	---	---	19.83	---
LÁCTEOS ANDINOS	1	---	36.33	---	---	75.48	---	---	2.97	---
	2	---	32.76	---	---	39.93	---	---	1.12	---
LÁCTEOS LA VICTORIA	1	66.71	60.11	9.89	29.96	23.81	20.54	9.18	7.02	23.53
	2	66.71	60.11	9.89	29.96	23.81	20.54	9.78	7.02	23.53

M: muestreo E: entrada S: salida % Rem: porcentaje de remoción.

Carga (kg/día) = Caudal (L/s) x Concentración (mg/L) x 0.0864 x (t/24)

Remoción (%) = $\frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$

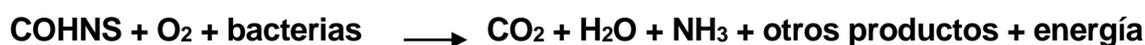
El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la empresa lácteos la Victoria está compuesto por las siguientes unidades: Trampa de grasas, sedimentador primario, sedimentador secundario, tanque de aireación y sistema de recirculación. La sedimentación primaria sirve para remover sólidos sedimentables y material flotante, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos.

El tanque de aireación, el sistema de recirculación y el sedimentador secundario hacen parte del sistema de lodos activados, el cual se utiliza para remover la carga orgánica producida por el procesamiento de la leche. La eficiencia en remoción para este sistema tiene valores teóricos de 80-90 % en SST y de 80-95 % en DBO₅ según lo reportado en la tabla 5, siendo uno de los sistemas para tratamiento de aguas residuales más eficientes. Sin embargo de acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica, se observa que el sistema de tratamiento no es eficiente, debido a que las unidades del sistema están subdimensionadas, ya que el

caudal real es mayor que el caudal para el cual fue diseñado el sistema, la falta de mantenimiento y el no funcionamiento del sistema de aireación en forma adecuada, ocasionan la inestabilidad del sistema.

La falta de aireación ocasiona la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, con lo cual se reduce la actividad de las bacterias al descomponer la materia orgánica, disminuyendo los porcentajes de remoción, de acuerdo con lo observado en la siguiente ecuación, ya que las bacterias descomponen la materia orgánica con la utilización de oxígeno:

Oxidación⁹



Además se presenta un exceso de caudal por el uso ineficiente del agua, se observaron mangueras abiertas sin válvulas, aumentando así el caudal de entrada al sistema, con lo cual se aumenta la dilución disminuyendo las concentraciones iniciales. Con referencia a los porcentajes de remoción, se observa que no se cumplen los requerimientos exigidos por la normatividad ambiental (Decreto 1594/84).

3.3.3 Sector frigoríficos y avícolas. El resultado de la caracterización fisicoquímica de los vertimientos líquidos de las aguas residuales de Frigovito, avícola Pollo al Día y avícola el Tejar se presenta a continuación en la tabla 19.

Tabla 19. Valores de DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector frigoríficos y avícolas.

USUARIO	MUESTREO	CONCENTRACIONES mg/L					
		DBO ₅		DQO		SST	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
FRIGOVITO	1	26250.00	5850.00	36800.00	20800.00	1501.50	1230.00
	2	8750.00	6437.50	19200.00	14080.00	14500.00	2100.00
AVÍCOLA POLLO AL DÍA	1	4150.00	2040.00	8533.40	3800.00	1080.00	150.00
	2	4000.00	1700.00	6533.40	2500.00	566.00	78.35
AVÍCOLA EL TEJAR	1	---	3412.50	---	4000.00	---	980.00
	2	---	2850.00	---	3840.40	---	885.00

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los vertimientos de Frigovito se observa para los dos muestreos que los valores de

SST, DBO₅, DQO y pH están por encima de los valores máximos admisibles para la caracterización de una central de sacrificio de ganado de acuerdo con lo exigido en la tabla 20.

Las concentraciones de SST obtenidas en la caracterización fisicoquímica de los efluentes de la avícola Pollo al día, para los dos muestreos si están dentro de los valores intermedios exigidos. Los valores para DBO₅ y DQO obtenidos, muestran valores por encima de los límites superiores para la caracterización máxima admisible de un matadero de aves, de acuerdo con la tabla 21. Estos valores se deben a que en el momento del sacrificio de los animales se producen desperdicios con alta carga orgánica como la sangre que le dan un color pardo rojizo, una cantidad considerable de materia en suspensión, cantidades variables de estiércol, pelos y suciedad, que aumentan las concentraciones de DBO₅ y DQO.

En la tabla 19 se observa que las concentraciones en DBO₅, DQO y SST para la avícola el Tejar son altas y requieren de un tratamiento, las concentraciones en los tres parámetros para los dos muestreos exceden los límites superiores permisibles para un matadero de aves, de acuerdo con la tabla 21. Los vertimientos de esta avícola contienen diversas cantidades de sangre, plumas, resto de carne, grasas, lavado de las vísceras, alimentos digeridos y sin digerir, estiércol y partículas extrañas. El estiércol del lugar de recepción y de alimentación, así como la sangre procedente del sacrificio y de las operaciones de colgar las aves, son los que más contribuyen a la contaminación producida en el proceso.

Tabla 20. Caracterización máxima admisible para una central de sacrificio de ganado.

PARAMETROS	Limite Inferior	Limite Intermedio	Limite Superior
pH Unidades de pH	6-8	6-8	<4.5 y >9.0
SST mg/L de SST	50	180	900
DBO ₅ mg/L de O ₂	40	1200	2000
DQO mg/L de O ₂	50	1500	2500

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogota, 1997. p. 106.

La diferencia de los valores de SST, DQO y DBO₅ en los dos muestreos se puede explicar porque en Frigovito hay problemas técnicos por los percolados del estiercolero, lo cual provoca que el estiércol se introduzca por los canales de agua residual tratada contaminando el efluente y aumentando así considerablemente las

concentraciones de los tres parámetros y por tanto afectando los porcentajes de remoción. La evidencia de este problema fue notificada a funcionarios de la empresa.

Tabla 21. Caracterización máxima admisible para un matadero de aves.

PARAMETROS	Limite Inferior	Limite Intermedio	Limite Superior
pH Unidades de pH	6-8	6-8	<4.5 y >9.0
SST mg/l de SST	50	150	500
DBO ₅ mg/l de O ₂	40	450	900
DQO mg/l de O ₂	50	500	1000

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogota, 1997. p. 108.

Los resultados de la salida del sistema de tratamiento de Frigovito en DBO₅ y SST son menores en el primer muestreo lo cual obedece a las condiciones climáticas presentes durante este periodo de estudio. Enero, mes donde se realizó el primer muestreo, se produce un aumento en las precipitaciones, lo que provoca la dilución de la concentración de los compuestos orgánicos en las aguas residuales y por tanto el valor de DBO₅ es menor que el del segundo muestreo. El día en que se realizó el segundo muestreo fue más soleado que el del primer muestreo, ya que corresponde al mes de abril, época de verano donde aumenta la temperatura. Un incremento en la temperatura produce una mayor actividad biológica, acelerando los procesos de descomposición y a la vez aumentando la concentración de DBO₅. En la tabla 22 se presentan las eficiencias de remoción en carga de DBO₅, DQO y SST de los tres usuarios en estudio.

Tabla 22. Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector frigorífico y avícola.

USUARIO	M	CARGA DBO ₅ Kg/día		% Rem	CARGA DQO Kg/día		% Rem	CARGA SST Kg/día		% Rem
		E	S		E	S		E	S	
FRIGOVITO	1	2517.48	505.44	79.90	3529.12	1797.12	49.07	144.00	106.27	26.20
	2	839.16	556.20	33.70	1841.28	1216.51	33.93	1390.61	181.44	87.00
AVÍCOLA POLLO AL DÍA	1	109.89	45.24	50.8	209.92	84.27	59.85	26.52	3.33	86.10
	2	129.89	49.82	57.5	212.33	73.26	65.49	18.39	2.30	86.20
AVÍCOLA EL TEJAR	1	---	136.61	---	---	160.13	---	---	39.23	---
	2	---	154.31	---	---	207.93	---	---	47.92	---

M: muestreo E: entrada S: salida % Rem: porcentaje de remoción.

Carga (kg/día) = Caudal (L/s) x Concentración (mg/L) x 0.0864

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$$

El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la empresa central de sacrificio Frigovito está compuesto por: (ver anexos fotografías 1-10).

- Sistema primario: Una trampa de grasas,
- Sistema secundario o biológico: Una laguna aeróbica, una laguna anaeróbica y una laguna facultativa,
- Sistema terciario: Un tanque de cloración
- Manejo de lodos: Un lecho de secado.

La trampa de grasas se incluye en el sistema de tratamiento de aguas residuales de este establecimiento, debido a la gran producción de grasas y residuos sólidos. Las lagunas de Frigovito son semejantes y tienen unas dimensiones de 40 por 30 m de largo. Para la laguna aireada se usan dos aireadores de 10 hp. Los porcentajes de remoción teóricos para una laguna aireada son de 80-95 % en DBO₅ y 80-95 % para SST, para una laguna anaerobia son de 50-70 % para DBO₅ y 20-60 % en SST, los porcentajes de remoción para una laguna facultativa son de 80-90 % de DBO₅ y 63-75 % de SST según las eficiencias de remoción establecidas para los sistemas de tratamiento RAS 2000, tabla 5.

De acuerdo con estos valores de remoción de estos tres sistemas biológicos se puede esperar que la remoción de carga en los tres parámetros analizados para este usuario sea buena, sin embargo, como ya se dijo antes Frigovito tiene un problema con el agua residual tratada la cual se contamina en el momento de la descarga y por lo tanto esta circunstancia altera el análisis de remoción, con lo cual se obtienen valores bajos del porcentaje de remoción.

En Frigovito, el cloro es usado para la reducción o eliminación de patógenos con buenos resultados, sin embargo una alta concentración de cloro residual es perjudicial para la quebrada Chapal que recibe esta descarga, ya que puede afectar la vida acuática, por la posible formación de trihalometanos. La medición de este parámetro no era el objeto de este trabajo, pero se menciona a nivel de información y referencia.

El lodo producido en los diferentes componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales de Frigovito, se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación hacen que el lodo se seque. Estos

lodos son aprovechados para abono orgánico, el cual se comercializa. Los percolados resultantes son dirigidos al sistema de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de tratamiento de la avícola Pollo al día está formado por:

- Sistema preliminar: Rejillas de retención de plumas.
- Sistema primario: Una trampa de grasas.
- Sistema secundario o biológico: Un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

Las rejillas de retención de sólidos son efectivas en la separación previa de materiales gruesos como plumas y restos de carne, los cuales pueden causar problemas de taponamiento en las otras unidades del sistema.

En cuanto a los valores para los porcentajes de remoción de la avícola Pollo al Día, para los SST se tienen valores de 86.10 y 86.20 % para los muestreos 1 y 2 respectivamente; estos valores concuerdan con las eficiencias en remoción de los filtros anaerobios que son de 60-70 % para SST (ver tabla 5) y cumplen con los requerimientos establecidos por la normatividad ambiental (Decreto 1594/84). Para los porcentajes de remoción de DBO₅ y DQO en los dos muestreos los valores no llegan al 80 % exigido (Decreto 1594/84). Esto puede explicarse porque el sistema de tratamiento para las aguas residuales del proceso productivo de esta avícola requiere en su sistema de tratamiento, la incorporación de otro tratamiento biológico, para aumentar la remoción de materia orgánica.

La Avícola el Tejar no cuenta con un sistema de tratamiento para las aguas residuales, éste sistema se encuentra en construcción y la empresa tiene un proceso sancionatorio por parte de CORPONARIÑO por incumplimiento de las normas ambientales. Las aguas residuales del proceso productivo son descargadas a una zanja de infiltración cercana a cielo abierto. En el lugar de la descarga se presenta proliferación de olores, por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias, lo que produce gases sulfhídricos, además se presenta acumulación de materia orgánica en el suelo. La empresa avícola el Tejar está en la obligación de construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, porque posee un proceso de sacrificio que genera residuos orgánicos altamente desagradables, que afectan el ambiente por el proceso de descomposición, creando molestias a los habitantes vecinos.

3.3.4 Minas de arena. La caracterización fisicoquímica de los vertimientos de las dos minas las Terrazas y Armenia se presentan en la tabla 23.

Tabla 23. Valores de DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector minero.

USUARIO	MUESTREO	CONCENTRACIONES mg/L					
		DBO ₅		DQO		SST	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
MINA LAS TERRAZAS	1	11.50	9.00	113.60	78.40	3365.00	73.00
	2	153.00	42.50	158.00	31.00	9800.00	110.00
MINA ARMENIA	1	69.40	52.50	71.20	56.33	8900.00	80.00
	2	113.00	85.00	288.00	101.45	25600.00	225.00

Al observar las concentraciones de los efluentes de las dos minas en los tres parámetros estudiados se tienen valores que están por debajo de los límites dados por la ley de acuerdo con la tabla 24. Sin embargo las concentraciones de DBO₅ y DQO son mayores a las esperadas, lo cual se debe a que en el momento de la explotación se pueden involucrar partes de vegetales que pueden descomponerse y así aumentar las concentraciones de materia orgánica.

Tabla 24. Caracterización máxima para el proceso de explotación en la industria minera.

PARAMETRO	CONCENTRACIÓN	CARGA
DBO ₅	600 mg/L	9 kg/día
SST	1200 mg/L	18 kg/día
DQO	2000 mg/L	30 kg/día

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogota, 1997. p. 110.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la mina las Terrazas está constituido por cuatro tanques de sedimentación en serie, donde ingresa un caudal de 60.11 litros por segundo, proveniente de un nacimiento natural de agua. Primero se realiza un lavado preliminar de la arena en la parte alta de la mina, lo cual produce aguas residuales que van a las piscinas de sedimentación. Cuando los tanques se llenan de lodos, se remueven y son aprovechados para la fabricación de ladrillo.

De acuerdo con lo mostrado en la tabla 25 el sistema de tratamiento realiza una remoción eficiente en SST, cumpliendo con las remociones mayores al 80 % de acuerdo con lo exigido en el Decreto 1594/84. Para la DBO₅ y la DQO se presentó

una remoción significativa en el segundo muestreo; para el primer muestreo la remoción está por debajo de lo exigido. A pesar de esto la remoción de DBO₅ y DQO se puede aceptar como eficiente, ya que las concentraciones iniciales de este parámetro son muy bajas y para alcanzar las remociones exigidas se necesitaría una tecnología que no justificaría los niveles de concentración referidos.

Tabla 25. Eficiencias de remoción en carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector minero.

USUARIO	M	CARGA DBO ₅ Kg/día		% Rem	CARGA DQO Kg/día		% Rem	CARGA SST Kg/día		% Rem
		E	S		E	S		E	S	
MINA LAS TERRAZAS	1	0.030	0.012	60.00	0.272	0.106	61.03	8.07	0.10	98.77
	2	3.72	0.14	96.23	1.41	0.10	92.91	238.14	0.35	99.85
MINA ARMENIA	1	9.36	7.08	31.90	10.65	7.60	28.71	1332.22	10.97	99.20
	2	12.64	9.51	32.30	35.76	11.35	68.28	3180.44	25.17	99.20

M: muestreo E: entrada S: salida % Rem: porcentaje de remoción.

Carga (kg/día) = Caudal (L/s) x Concentración (mg/L) x 0.0864 x (t/24)

Remoción (%) = $\frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$

El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la mina Armenia, está compuesto por cuatro tanques de sedimentación en serie. En estos tanques se decanta la arena y se recoge para la comercialización. No existen tratamientos secundarios, ni químicos para la sedimentación. La remoción en carga de SST es eficiente. Los valores de las demandas químicas son bajas en este tipo de aguas residuales en vista de que la explotación es de materiales inertes, no contienen materia orgánica; al existir valores bajos de DQO se puede predecir que tampoco hay elementos como hierro y otros metales que puedan elevar el valor de este parámetro.

Con referencia a la remoción de SST, es eficiente debido al alto peso específico de las partículas, que permite una sedimentación en corto tiempo, aunque el efluente final vertido es turbio. La remoción en SST cumple con lo exigido en el Decreto 1594/84. En la mina Armenia 2000, se nota una deficiencia en la remoción de DBO₅, sin embargo es eficiente, ya que técnicamente es difícil obtener remociones altas cuando el afluente tiene concentraciones bajas.

3.3.5 Estación de servicio. El tipo principal de proceso es el lavado y alistado de vehículos. El nivel promedio de producción son dos vehículos diarios. La principal fuente de agua residual está constituida por el lavado de vehículos y cambio de aceites y engrase. La tabla 26 presenta los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los vertimientos líquidos.

Tabla 26. Valores de DBO₅, DQO y SST de la entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales de la estación de servicio los Fundadores.

		CONCENTRACIONES mg/L					
		DBO ₅		DQO		SST	
USUARIO	MUESTREO	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
ESTACIÓN LOS FUNDADORES	1	400.00	250.00	1550.00	993.00	9320.00	372.00
	2	492.76	300.84	900.90	630.50	8060.23	295.14

Las concentraciones en DBO₅ y DQO son altas en el afluente y son características de aguas residuales domésticas, poseen alta carga orgánica debido al contenido de compuestos de carbono de cadenas largas como grasas y aceites, producto del lavado y engrase de los carros.

Tabla 27. Caracterización máxima admisible de las aguas residuales de una estación de gasolina.

PARAMETROS	Limite Inferior	Limite Intermedio	Limite Superior
SST mg/l SST	50	240	800
DQO mg/l de O ₂	50	1080	1800

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santafé de Bogota, 1997. p. 100.

La tabla 28 muestra los porcentajes de remoción para los tres parámetros DBO₅, DQO y SST.

Tabla 28. Eficiencias de remoción en carga del sistema de tratamiento de aguas residuales de la estación de servicio los Fundadores.

USUARIO	M	CARGA DBO ₅ Kg/día		% Rem	CARGA DQO Kg/día		% Rem	CARGA SST Kg/día		% Rem
		E	S		E	S		Entrada	Salida	
LOS FUNDADORES	1	16.46	9.31	43.40	63.70	37.00	41.92	383.50	13.86	96.40
	2	23.63	13.06	44.70	43.24	27.37	36.70	386.50	12.81	96.70

M: muestreo E: entrada S: salida % Rem: porcentaje de remoción.

Carga (kg/día) = Caudal (L/s) x Concentración (mg/L) x 0.0864 x (t/24)

Remoción (%) = $\frac{\text{Carga entrada (kg/día)} - \text{Carga salida (kg/día)}}{\text{Carga entrada (kg/día)}} \times 100$

El sistema de tratamiento de la empresa está compuesto por, sistema primario: 3 trampas para grasas y un desarenador. El desarenador, en este tratamiento de aguas residuales, se usa para remover arena, partículas u otros materiales sólidos pesados que tengan velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables del agua residual. El desarenador está ubicado antes de las trampas de grasas, facilitando las demás operaciones del proceso de tratamiento. Las eficiencias de remoción para un desarenador son bajas, para DBO₅ se tiene que es de 5 y para SST es de 10, comparadas con otros sistemas de tratamiento, como se puede ver en la tabla 5.

A pesar de esto, la remoción que se presenta para SST es buena, está por encima del 80% exigido por la normatividad ambiental, según el Decreto 1594/84. En el caso de la remoción en DBO₅ y DQO, se presentaron valores bajos, por lo que se recomienda complementar el sistema de tratamiento con una unidad de tratamiento biológico, que remueva mayor porcentaje de carga orgánica.

3.3 EVALUACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En términos generales después de analizar los datos obtenidos en las caracterizaciones fisicoquímicas de los diferentes usuarios se puede decir que la mayoría de las empresas no cumplen con los límites de vertimientos de agua residual exigidos por el Decreto 1594/84, ni con las recomendaciones de la Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.¹¹ Esto se debe a diferentes factores entre los cuales están:

- Algunas de las empresas no poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales, y las cargas de los efluentes después de su actividad productiva es altamente contaminante.
- El tamaño de las unidades de los sistemas de tratamiento se encuentran subdimensionadas, ya que los caudales son mayores que los caudales para los cuales fueron diseñadas dichas unidades, presentándose rebosamientos, como es el caso de lácteos la Victoria.
- La falta de mantenimiento de los sistemas de tratamiento, lo cual ocasiona que los sistemas no funcionen adecuadamente y sus rendimientos sean menores.
- Algunos de los usuarios como los moteles y Frigovito utilizan el cloro como agente desinfectante, esto puede ocasionar la muerte o inactividad de las bacterias en los sistemas de tratamiento secundario o biológico, disminuyendo los porcentajes de remoción de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

3.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA CHAPAL

Las descargas se hacen dispersas a lo largo de la quebrada, donde el sector industrial tiene su influencia. Por esto fue necesario realizar la caracterización y toma de muestras puntuales en diferentes puntos de la fuente para luego promediar y comparar las cargas vertidas por el sector industrial. Las estaciones de muestreo están determinadas por CORPONARIÑO. Los resultados de las caracterizaciones de la fuente se presentan en la tabla 29.

Tabla 29. Caracterización fisicoquímica de la quebrada Chapal. Fechas de muestreo, muestreo 1: 10/01/2006 y muestreo 2: 05/04/2006.

ESTACIÓN DE MUESTREO	MUESTREO	CAUDAL (L/s)	pH	OD (mg O ₂ /L)	SST (mg/L)	DBO ₅ A 20° C (mg/L)	DQO (mg/L)
1 Miraflores	1	270,89	6,69	7.00	32.00	62,25	80,30
	2	214.54	8.31	7.40	15.00	35.00	48.00
2 Parque Chapalito	1	415,88	7,22	5,55	40.00	153,50	172,20
	2	387.03	7,63	6.95	37.50	67.50	70.00
3 Hospital departamental	1	663,09	7,35	3.00	92.00	106.40	164,50
	2	489.31	7,48	3.25	169.00	150.00	240.00

Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones en DBO₅, DQO, SST aumentan con el trayecto de la fuente, debido a las numerosas descargas residuales domésticas e industriales que generan los diferentes usuarios localizados en el área de influencia. El caudal también aumenta por el aporte de otras quebradas, principalmente las quebradas la Loreana y Guachucal.

Tabla 30. Resultados de carga en las estaciones de la quebrada Chapal.

PUNTOS DE MUESTREO	Muestreo	Caudal L/s	Carga DBO ₅ kg/día	Carga SST kg/día
Miraflores	1	270.89	1456,95	748,95
	2	214.54	648,76	278,04
Parque Chapalito	1	415.88	5515,56	1437,28
	2	387.03	2257,15	1253,97
Hospital Departamental	1	663.09	9424.36	5270,76
	2	489.31	6341,45	7144,71
PROMEDIO		406.79	3319.19	2688.95

Se calcula el promedio de las cargas contaminantes de las estaciones de muestreo de la quebrada Chapal porque las descargas de las industrias son dispersas a lo largo de la fuente y no se puede generalizar puntos específicos de vertimiento puntual. El comportamiento de las cargas contaminantes en la quebrada Chapal para los dos muestreos se presenta en las gráficas 5 y 6.

Figura 5. Carga en SST y DBO₅ en las estaciones de la quebrada Chapal, muestreo 1.

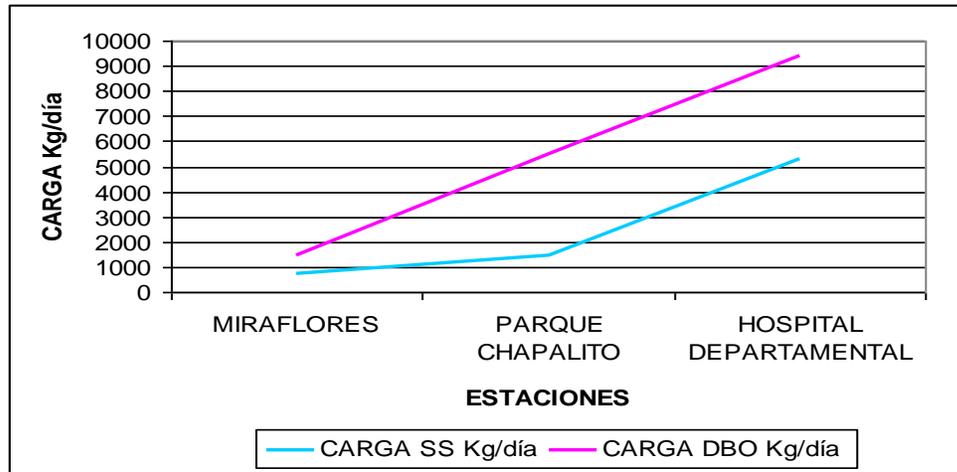
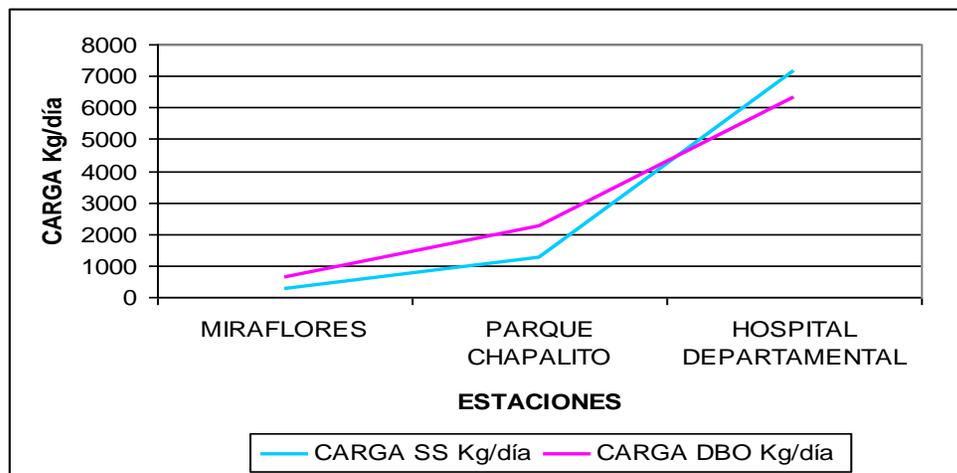


Figura 6. Carga en SST y DBO₅ en las estaciones de la quebrada Chapal, muestreo 2.



Las cargas en DBO₅ son mayores que las de SST, a excepción del punto 3 en el muestreo 2, éste aumento en la carga de SST se debe al efecto que causan las minas de arena que realizan sus descargas y aumentan la concentración de este parámetro. Pero en general se observa que el mayor aporte de carga contaminante es de tipo orgánico.

De acuerdo con la clasificación del sistema sapróbico, las aguas de la quebrada Chapal se clasifican como isosapróbicas o aguas residuales municipales, según la

concentración de la DBO₅, cuyos valores son menores de 400 mg/L, y se encuentra dentro del grupo Eusapróbico. Esto se puede ver en la tabla 2 para la clasificación sapróbica según Sladeczek.

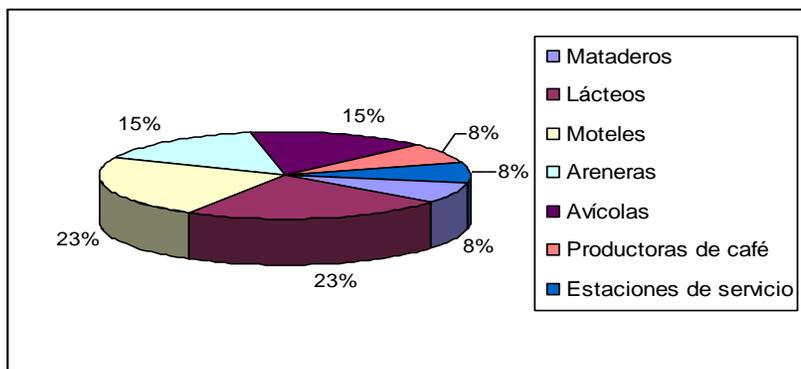
3.5 CARGA TOTAL SOBRE LA QUEBRADA CHAPAL

En el municipio de Pasto, existe un déficit de gran industria y predominio de micro producción industrial. En el desarrollo de este proyecto se caracterizaron en total 13 usuarios, los cuales realizan diferentes actividades productivas y por tanto diferentes aportes de carga contaminante a la quebrada Chapal. En la tabla 31 se muestra el número de industrias que vierten sus efluentes a la quebrada Chapal según la actividad productiva, y en la gráfica 7 se presentan los porcentajes que representan.

Tabla 31. Número de industrias según actividad productiva.

INDUSTRIA	NÚMERO DE INDUSTRIAS	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN
Mataderos	1	7,69
Lácteos	3	23,07
Moteles	3	23,07
Areneras	2	15,38
Avícolas	2	15,38
Productoras de café	1	7,69
Estaciones de servicio	1	7,69

Figura 7. Distribución de las industrias según actividad productiva.



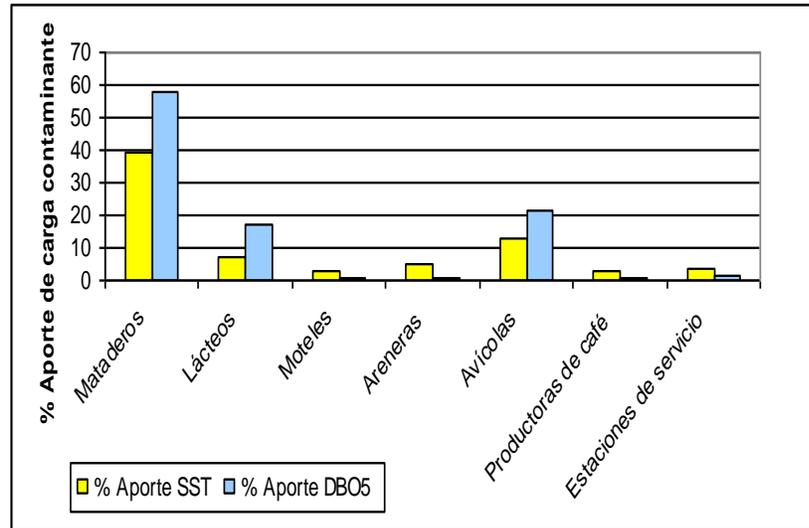
Como se muestra en la gráfica 7, los mayores porcentajes en la distribución lo ocupan los sectores de lácteos y moteles con un 23% cada uno, seguido por las areneras y las avícolas con un 15% cada una. Entre las industrias de menor cantidad se encuentran los mataderos, tostadoras de café y estaciones de servicio. Para determinar la carga total sobre la quebrada, primero se sumaron las cargas promedio de los efluentes de las empresas determinadas por sectores industriales, este valor equivale al 100 % de la carga, entonces se hizo una regla de tres para determinar a que porcentaje del total equivale la carga de cada sector productivo en cada parámetro, como se muestra a continuación y en la tabla 32. En la gráfica 6 se presenta el aporte de carga contaminante en SST y DBO₅ de las industrias según su actividad productiva.

$$\% \text{ Aporte SST Kg/día} = \frac{143.86 \text{ Kg/día de SST} \times 100 \%}{366.74} = 39.23 \text{ Kg/día}$$

Tabla 32. Aporte industrial en SST y DBO₅.

INDUSTRIA	Carga Efluente SST Kg/día	Carga Efluente DBO ₅ Kg/día	% Aporte SST Kg/día	% Aporte DBO ₅ Kg/día
Mataderos	143,86	530,82	39,23	58,02
Lácteos	26.58	157.09	7,25	17,17
Moteles	9.59	5.17	2,61	0,57
Areneras	18.21	8.36	4,97	0,91
Avícolas	46.38	192.99	12,65	21,10
Productoras de café	108,77	9,24	29,66	1,01
Estaciones de servicio	13,34	11,19	3,64	1,22
TOTAL	366.74	914.86	100,00	100,00

Figura 8. Aporte de carga contaminante de las industrias según actividad productiva.



En cuanto al aporte domiciliario se calculó por el consumo per-cápita, teniendo en cuenta el número de habitantes del corregimiento de Catambuco que es de 4125 habitantes según el Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T) de la siguiente manera:

$$4125 \text{ Hab} \times \frac{50 \text{ g SST}}{\text{Hab} \times \text{día}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 206.25 \text{ Kg/día}$$

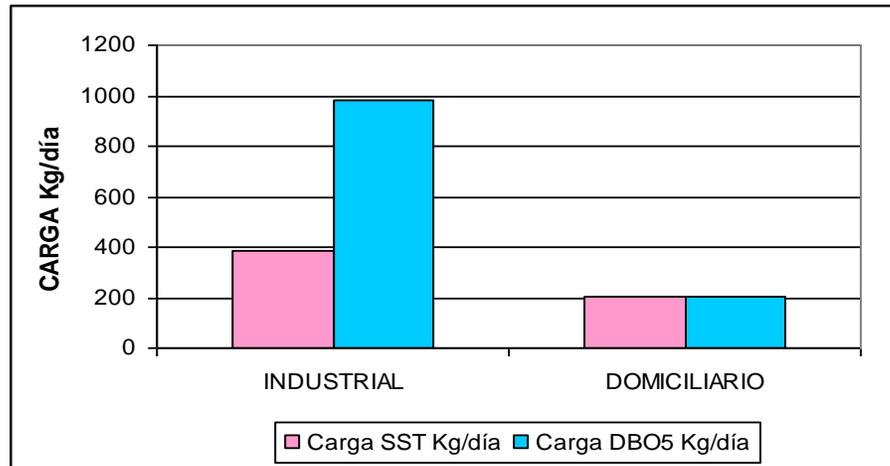
En la tabla 33 se presentan los resultados obtenidos para la carga total sobre la quebrada Chapal.

Tabla 33. Carga total vertida a la quebrada Chapal.

USUARIO	Carga SST Kg/día	Carga DBO ₅ Kg/día
INDUSTRIAL	366.74	914.86
DOMICILIARIO	206.25	206.25
TOTAL	572.99	112.11

De acuerdo con los valores obtenidos para las cargas totales en los dos parámetros, se tiene que la carga en DBO₅ es mayor que la de SST, lo cual confirma que la mayor contaminación es causada por carga orgánica, esto también puede observarse en la gráfica 9.

Figura 9. Cargas en SST y DBO₅ sobre la quebrada Chapal.



La gráfica 7 muestra los aportes contaminantes de los dos sectores que descargan sus vertimientos a la quebrada Chapal, se observa que el mayor aporte es por parte del sector industrial. Sin embargo el corregimiento de Catambuco por tener un número considerable de habitantes, produce aguas residuales que generan altas cargas orgánicas que afectan la calidad de la fuente hídrica, por lo tanto es necesario que el municipio de Pasto tenga en cuenta este centro poblacional para la formulación del plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, de acuerdo a lo estipulado en la Resolución 1433/04 y el Decreto 3100/03 con el objeto de cumplir el objetivo de calidad que CORPONARIÑO fije sobre la quebrada Chapal

4. LA TASA RETRIBUTIVA

4.1 CÁLCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA

Las tarifas establecidas para el cobro de los parámetros contaminantes para el 2006 son las siguientes:

\$35.33 por kilogramo de sólidos suspendidos totales (SST).

\$83.40 por kilogramo de materia orgánica (DBO₅).

El factor regional es igual a 1, así se determina la tasa retributiva para cada usuario y la tasa total para cada usuario que es la suma de la tasa por SST y la tasa por DBO₅, y la tasa retributiva total para el sector de la quebrada Chapal.

Para determinar la tasa retributiva se utilizó el siguiente cálculo:

**Tasa Retributiva SST = Carga del efluente anual en SST x Factor Regional x
Tarifa Mínima de SST**

En las tablas 34 y 35 se presentan los resultados obtenidos del cálculo de los valores de las Tasas Retributivas de cada usuario para SST y DBO₅ y la tasa retributiva total de cada usuario.

Tabla 34. Cargas contaminantes en Kg/año de los usuarios de la quebrada Chapal.

USUARIO	Carga SST Kg/día	Carga DBO ₅ Kg/día	Días de producción por semana	Días de producción al año	Carga SST Kg/año	Carga DBO ₅ Kg/año
Central de Sacrificio Frigovito	143,86	530,82	6	288	52507,44	193749,30
ALIVAL	16,78	69,60	6	288	6125,87	25402,25
Lácteos Andinos	2,05	34,54	6	288	747,67	12608,62
Motel los Faroles	0,13	0,18	7	365	46,45	64,79
Lácteos La Victoria	7,75	52,95	6	288	2828,70	19324,97
Mina Las Terrazas	0,23	0,07	3	144	83,17	27,37
Motel Cupido	8,96	4,52	7	365	3272,22	1649,80
Avícola Pollo al Día	2,81	47,53	6	288	1026,08	17347,69
Motel Las Delicias	0,50	0,47	7	365	182,91	171,48
Morasurco Café Puro	108,77	9,24	5	240	39702,25	3373,83
Avícola El Tejar	43,57	145,46	6	288	15904,66	53092,83
Arenera Armenia	17,98	8,29	2	96	6562,77	3027,41
Estación de Servicio Los Fundadores	13,34	11,19	6	288	4868,10	4083,67
TOTAL	366,74	914,86			97652,24	261830,65

Tabla 35. Tasa retributiva de los usuarios de la quebrada Chapal.

USUARIO	Carga SST Kg/año	Carga DBO₅ Kg/año	TR SST en pesos	TR DBO₅ en pesos	TR Total por usuario en pesos
Central de Sacrificio Frigovito	52507,44	193749,30	1463740,55	12.749.871,74	14.213.612,30
ALIVAL (Inducolsa)	6125,87	25402,25	170.769,73	1.671.621,03	1.842.390,76
Lácteos Andinos	747,67	12608,62	20.842,55	829.723,09	850.565,64
Motel los Faroles	46,45	64,79	1.641,17	5.403,28	7.044,45
Lácteos La Victoria	2828,70	19324,97	78.855,07	1.271.699,19	1.350.554,25
Mina Las Terrazas	83,17	27,37	1.159,29	900,40	2.059,69
Motel Cupido	3272,22	1649,80	115.607,40	137.593,54	253.200,95
Avícola Pollo al Día	1026,08	17347,69	28.603,91	1.141.582,62	1.170.186,53
Motel Las Delicias	182,91	171,48	6.462,06	1.4301,18	20.763,24
Morasurco Café Puro	39702,25	3373,83	86.410	185.015,09	271.425,60
Avícola El Tejar	15904,66	53092,83	443.371,26	3.493.828,03	3.937.199,29
Arenera Armenia	6562,77	3027,41	60.983,08	66.407,20	127.390,29
Estación de Servicio Los Fundadores	4868,10	4083,67	135.707,15	268.730,05	404.437,19
TOTAL	97652,24	261830,65	3.450.053,62	21.836.676,44	24.392.938,07

4.2 CÁLCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA Y EL FACTOR REGIONAL.

Las metas de reducción se calculan teniendo en cuenta el factor regional que empieza en 1 y para cada año se va incrementando en una unidad. Para determinar estas metas se multiplica la tasa retributiva total para cada usuario por el factor regional que inicia en 1 para el primer año hasta el quinto año, como se observa en la tabla 36.

Una vez fijadas las metas de reducción, CORPONARIÑO, seguirá enviando anualmente el formulario de autodeclaración, con el objeto de evaluar el proceso; este control irá acompañado a la vez con muestreos directos sobre la quebrada Chapal para determinar el mejoramiento o deterioro de sus condiciones y el cumplimiento de las metas de descontaminación trazadas. Mediante este procedimiento, el sector productivo acuerda la mejor manera de reducir la contaminación para el cuerpo de agua en los próximos cinco años.

Si los usuarios no cumplen las metas de reducción propuestas para el primer año, el valor de la tasa retributiva se irá incrementando a medida que aumenta el factor regional, lo cual debe incentivar a los usuarios a disminuir la contaminación de la quebrada Chapal.

Tabla 36. Determinación de las metas de reducción.

USUARIO	TR TOTAL por usuario	*FR 1	FR 2	FR 3	FR 4	FR 5
Central de Sacrificio Frigovito	14.213.612,30	14.213.612,30	28.427.224,60	42.640.836,89	56.854.449,19	71.068.061,49
ALIVAL	1.842.390,76	1.842.390,76	3.684.781,52	5.527.172,28	7.369.563,04	9.211.953,80
Lácteos Andinos	850.565,64	850.565,64	1.701.131,28	2.551.696,92	3.402.262,56	4.252.828,20
Motel los Faroles	7.044,45	7.044,45	14.088,90	21.133,35	28.177,80	35.222,25
Lácteos La Victoria	1.350.554,25	1.350.554,25	2.701.108,50	4.051.662,76	5.402.217,01	6.752.771,26
Mina Las Terrazas	2.059,69	2.059,69	4.119,38	6.179,08	8.238,77	10.298,46
Motel Cupido	253.200,95	253.200,95	506.401,90	759.602,84	1.012.803,79	1.266.004,74
Avícola Pollo al Día	1.170.186,53	1.170.186,53	2.340.373,06	3.510.559,58	4.680.746,11	5.850.932,64
Motel Las Delicias	20.763,24	20.763,24	41.526,48	62.289,71	83.052,95	103.816,19
Morasurco Café Puro	271.425,60	271.425,60	2.214.650,98	3.321.976,47	4.429.301,96	5.536.627,45
Avícola El Tejar	3.937.199,29	3.937.199,29	7.874.398,58	11.811.597,87	15.748.797,16	19.685.996,46
Arenera Armenia	127.390,29	127.390,29	254.780,58	382.170,86	509.561,15	636.951,44
Estación de Servicio Los Fundadores	404.437,19	404.437,19	808.874,38	1.213.311,57	1.617.748,76	2.022.185,95
TOTAL	24.392.938,07	24.392.938,07	48.785.876.14	73.178.814.20	97.571.752.27	121.964.690.4

*FR = Factor regional

5. CONCLUSIONES

El muestreo de enero a junio del 2006 realizado a los vertimientos líquidos de los usuarios del programa de tasa retributiva pertenecientes a la quebrada Chapal, sirvió para determinar la carga contaminante de estos vertimientos, destacándose en primer lugar la muy alta variabilidad de su composición por la variedad en las actividades productivas de dichos usuarios.

Las empresas evaluadas, no cumplen con la norma colombiana para aguas de vertido establecida en el decreto 1594 de 1984, porque las eficiencias de remoción de DBO, DQO y SST determinadas en los meses de muestreo no alcanzan el valor requerido, mayor o igual al 80%. Esto se debe a que algunas empresas no poseen sistemas de tratamiento y en las que lo poseen, no existe un adecuado mantenimiento, generando acumulación de residuos, sobresaturación y desbordamiento de caudal.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica durante el período de estudio, para los parámetros SST y DBO₅ las únicas empresas que cumplen con la remoción del 80% exigida en el Decreto 1594 de 1984 en SST son la Mina las Terrazas, el Sacrificio de aves Pollo al Día, la Mina Armenia y la Estación de Servicio Los Fundadores.

Al determinar si los sistemas de tratamiento de aguas residuales de los diferentes usuarios cumplen o no con lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984, se busca que todas las empresas construyan sus plantas de tratamiento de aguas residuales, para el caso de las empresas que no los poseen o de mejorar sus sistemas para las empresas que si los han implementado.

La implementación de la tasa retributiva por CORPONARIÑO para los usuarios pertenecientes a la quebrada Chapal en la ciudad de Pasto pretende incentivar la adopción de tecnologías limpias a través del tiempo, buscando que las empresas encuentren nuevas alternativas que permitan reducir la contaminación en forma costo-efectiva.

En los sectores productivos pertenecientes a la quebrada Chapal, los que mayores cargas contaminantes reportan son los sectores de alimentos (lácteos y sacrificio de animales). Debido a que los sistemas de tratamientos de estos proyectos no se encuentran operando adecuadamente y otros no los han implementado aún.

Al realizar el análisis fisicoquímico de las muestras de agua de las estaciones de muestreo de la quebrada Chapal se obtuvieron mayores cargas en DBO₅ que en SST, a excepción del punto 3 en el muestreo 2. El aumento en la carga de SST para este punto, se debe al efecto que causan las descargas de las minas de arena que aumentan la concentración de este parámetro. Pero en general se observa que el mayor aporte de carga contaminante es de tipo orgánico.

Al realizar la gráfica de distribución de las empresas del sector de la quebrada Chapal, se tiene que los mayores porcentajes en la distribución lo ocupan los sectores de lácteos y moteles con un 23% cada uno, seguido por las areneras y las avícolas con un 15% cada una. Entre las industrias de menor cantidad se encuentran los mataderos, tostadoras de café y estaciones de servicio.

Con los datos obtenidos en este estudio la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, podrá organizar a estos usuarios de manera efectiva en el programa de tasa retributiva, además podrá realizar un diagnóstico del estado en que se encuentran estas empresas en el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y el estado actual de la quebrada Chapal.

Al determinar el valor de la tasa retributiva para los dos parámetros analizados se obtuvo un valor mayor para la demanda bioquímica de oxígeno. Este valor muestra que la mayor contaminación es de tipo orgánico, por lo cual las empresas del sector deben mejorar sus sistemas de tratamiento de aguas residuales, o en el peor de los casos implementarlos.

Se propuso unas metas de reducción para los usuarios de la quebrada Chapal, durante cinco años, las metas propuestas serán discutidas por CORPONARIÑO quien debe fijar las metas de reducción para cada uno de los usuarios.

6. RECOMENDACIONES

- Se debe exigir el mantenimiento continuo, optimización o modificación de los sistemas de tratamiento en las empresas, para que puedan cumplir lo exigido en el Decreto 1594/84.
- El laboratorio de aguas residuales de CORPONARIÑO debe avanzar en procesos de acreditación basados en normas técnicas de calidad que permitan obtener datos con alta confiabilidad.
- CORPONARIÑO debería conformar un equipo, con dedicación exclusiva a las tasas retributivas. Se debe fomentar una acción paralela y coordinada entre los diferentes frentes de acción identificados: técnico, administrativo, financiero, laboratorio, jurídico y sistemas para que CORPONARIÑO tenga un programa de tasas estructurado.
- CORPONARIÑO debe considerar la posibilidad de brindar asistencia técnica, capacitación y asesoría a los sectores productivos de la quebrada Chapal para la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales acordes con los procesos que estos usuarios realizan. Además se deben adecuar cajas de inspección con fácil acceso para la toma de muestras.
- CORPONARIÑO, debe acelerar el proceso de determinar el objetivo de calidad, sobre esta quebrada según lo establecido en el decreto 3440, esto permitirá crear procesos para determinar nuevas metas y compromisos ambientales en el tema del tratamiento de aguas residuales en los usuarios ubicados en este sector.

BIBLIOGRAFÍA

1. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera edición. Colombia. 2000. p. 56-58, 200-214.
2. ALCALDÍA MUNICIPAL DE PASTO. Plan de Ordenamiento Territorial POT. San Juan de Pasto, 1998. 138 p.
3. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. - República de Colombia. Aguas limpias para Colombia al menor costo. Implementación de las Tasas Retributivas por Contaminación Hídrica. Santa Fé de Bogotá. 1997. p.10.
4. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Cartilla de Tasas Retributivas. San Juan de Pasto: CORPONARIÑO, 2002. p 11-20.
5. SAWYER Clair, Mc CARTY Perry, PARKIN Gene. Química para Ingeniería Ambiental. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá – Colombia. 2001, p 557-595, 610-623.
6. Standard Methods for examination of water and waste water, 20th edition. 1990.
7. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuitramiento por lagunas de estabilización. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición. Santa Fé de Bogotá. 1998. p 30,64-68, 100-108,139-165.
8. CARDENAS, Jorge Alonso. Manual de calidad de aguas para estudiantes. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Calda, capítulo 4.
9. CRITES, Ron. TCHOBAMOGLIOUS, George. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia, 2000. p 47-49.

10. ANDI Y EL BANCO INTERNACIONAL DE DESARROLLO. Manual de caracterización de Agua Residuales. Medellín: BID Y ANDI, 1997. 41 p.
11. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. - República de Colombia. Guía para la apreciación de la contaminación hídrica en Colombia. Santa Fé de Bogotá. 1997.
12. BASTIDAS BEDOYA, Mauricio. Estudio para la implementación del Programa de Tasas Retributivas de la cuenca del río Pasto. CORPONARIÑO. San Juan de Pasto: 2002.
13. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 del 26 de junio de 1984. Santa Fé de Bogotá. 1984. p 28.
14. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. - República de Colombia. Decretos 3100 del 2003 y 3440 del 2004. Por medio del cual se reglamenta la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales. Santa Fé de Bogotá.
15. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. RAS, 2000. Sector II Títulos D y E. Tratamiento de aguas residuales. Bogotá: p 98.
16. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. - República de Colombia. Resolución 1433 diciembre de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. Santa Fé de Bogotá.
17. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. República de Colombia. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
18. <http://www.ideam.gov.co/tiempo/precipitaciones>

ANEXOS

Tabla 37. Parámetros de campo- entrada y salida de MOTEL LOS FAROLES.

MUESTREO 1						MUESTREO 2					
HORA	CAUDAL L/s	T °C	T °C	pH	pH	HORA	CAUDAL L/s	T °C	T °C	pH	pH
	S	E	S	E	S		S	E	S	E	S
9:00	0.042	21.46	20.80	6.66	8.02	9:15	0.017	16.00	15.10	6.78	7.05
9:15	0.040	21.43	21.00	6.64	8.01	9:30	0.018	16.02	15.20	6.80	6.95
9:30	0.037	21.40	22.90	6.62	8.03	9:45	0.019	16.04	14.10	6.76	7.10
9:45	0.035	21.38	21.10	6.60	8.00	10:00	0.020	16.06	14.34	6.75	7.20
10:00	0.033	21.34	20.85	6.58	7.99	10:15	0.021	16.09	15.50	6.72	7.30
10:15	0.030	21.31	20.75	6.56	8.04	10:30	0.022	16.11	14.00	6.70	6.90
10:30	0.028	21.88	21.15	6.53	8.05	10:45	0.023	16.13	14.15	6.68	6.80
10:45	0.026	21.25	21.20	6.50	7.98	11:00	0.016	16.15	16.00	6.66	6.70
11:00	0.025	21.23	19.75	6.47	7.97	11:15	0.024	16.17	14.46	6.61	6.60
11:15	0.023	21.22	19.90	6.45	8.06	11:30	0.015	16.20	15.30	6.60	6.50
11:30	0.020	21.20	20.33	6.43	7.96	11:45	0.025	16.22	15.60	6.57	6.40
11:45	0.065	21.18	20.75	6.41	8.07	12:00	0.026	16.24	14.23	6.55	7.40
12:00	0.044	21.48	20.30	6.67	7.95	12:15	0.014	15.98	15.40	6.83	7.50
12:15	0.046	21.50	20.40	6.70	7.94	12:30	0.027	15.95	14.57	6.85	7.30
12:30	0.049	21.52	20.50	6.73	8.06	12:45	0.013	15.93	15.51	6.87	7.20
12:45	0.051	21.54	20.60	6.75	8.08	1:00	0.012	15.91	15.66	6.88	6.35
1:00	0.053	21.57	19.80	6.79	8.09	1:15	0.028	15.89	15.78	6.90	6.30
1:15	0.055	21.60	19.70	6.81	8.10	1:30	0.020	15.87	15.89	6.92	7.35
1:30	0.058	21.62	19.60	6.83	8.02	1:45	0.021	15.84	16.13	6.95	7.45
1:45	0.060	21.65	22.95	6.85	7.88	2:00	0.019	15.83	13.00	6.97	6.45
2:00	0.062	21.91	21.00	6.88	8.12	2:15	0.022	15.80	13.07	7.00	7.15
Valor máximo	0.065	21.91	22.95	6.88	8.12		0.028	16.24	16.13		7.50
Valor mínimo	0.020	21.18	19.60	6.41	7.88		0.012	15.80	13.00		6.30
Valor promedio	0.042	21.46	20.80	6.66	8.01		0.020	16.00	15.50	6.78	6.95

Tabla 38. Parámetros de campo- salida MOTEL CUPIDO.

MUESTREO 1				MUESTREO 2			
HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH	HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH
9:00	0.66	20.10	7.05	9:00	0.62	15.66	7.18
9:15	0.36	19.95	7.08	9:15	0.59	16.72	7.20
9:30	0.53	19.85	7.09	9:30	0.45	15.31	7.34
9:45	0.58	20.05	7.02	9:45	0.56	15.50	7.30
10:00	0.61	20.35	7.01	10:00	0.40	15.97	7.05
10:15	0.47	20.25	7.12	10:15	0.67	15.82	6.99
10:30	0.40	20.06	6.99	10:30	0.69	15.66	7.00
10:45	0.37	19.88	7.80	10:45	0.70	15.75	7.09
11:00	0.21	19.96	6.95	11:00	0.72	15.22	7.13
11:15	0.42	20.03	7.04	11:15	0.65	15.18	7.15
11:30	0.27	20.04	7.14	11:30	0.39	15.76	7.28
11:45	0.32	19.80	6.97	11:45	0.47	15.42	7.24
12:00	0.34	19.90	7.00	12:00	0.48	16.49	7.03
12:15	0.70	20.00	6.98	12:15	0.50	15.70	7.07
12:30	0.56	20.40	7.03	12:30	0.53	15.16	7.11
12:45	0.49	20.30	7.06	12:45	0.43	15.40	7.36
1:00	0.45	20.20	7.07	1:00	0.70	15.51	7.48
1:15	0.43	20.15	6.92	1:15	0.37	15.60	7.22
1:30	0.42	19.77	7.66	1:30	0.66	15.36	7.26
1:45	0.29	20.99	6.96	1:45	0.57	15.71	7.32
2:00	0.24	20.07	6.94	2:00	0.60	19.95	6.98
Valor máximo	0.70	20.99	7.66		0.72	16.72	7.48
Valor mínimo	0.21	19.77	6.92		0.37	15.16	6.98
Valor promedio	0.42	20.10	7.02		0.56	15.66	7.18

Tabla 39. Parámetros de campo- entrada y salida de MOTEL LAS DELICIAS.

MUESTREO 1							MUESTREO 2						
HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	1.00	0.33	21.50	20.80	7.04	7.00	9:15	0.31	0.12	22.40	22.94	7.80	7.26
9:15	1.02	0.31	21.53	20.82	7.03	7.20	9:30	0.33	0.14	22.45	22.90	7.78	7.24
9:30	1.04	0.30	21.55	20.83	7.06	7.10	9:45	0.35	0.15	22.48	22.92	7.76	7.23
9:45	1.06	0.28	21.57	20.85	7.01	7.15	10:00	0.37	0.16	22.50	22.90	7.74	7.20
10:00	1.08	0.25	21.59	20.87	7.00	7.25	10:15	0.39	0.19	22.52	22.87	7.72	7.18
10:15	1.10	0.23	21.61	20.90	7.97	7.30	10:30	0.41	0.18	22.54	22.85	7.70	7.15
10:30	1.12	0.21	21.63	20.93	7.95	7.34	10:45	0.43	0.21	22.56	22.83	7.68	7.13
10:45	1.15	0.19	21.66	20.95	7.93	7.38	11:00	0.45	0.23	22.58	22.80	7.66	7.10
11:00	1.17	0.17	21.68	20.97	7.91	7.42	11:15	0.47	0.25	22.60	22.77	7.65	7.08
11:15	1.19	0.15	21.70	20.99	7.90	7.45	11:30	0.50	0.27	22.63	22.75	7.63	7.06
11:30	1.21	0.13	21.73	21.00	7.88	7.49	11:45	0.23	0.29	22.65	22.73	7.97	7.04
11:45	1.23	0.52	21.75	21.02	7.85	6.50	12:00	0.25	0.31	22.67	22.70	7.58	7.02
12:00	0.98	0.35	21.80	21.04	6.83	6.52	12:15	0.30	0.10	22.38	22.92	7.82	7.00
12:15	0.97	0.37	21.45	20.78	7.08	6.54	12:30	0.29	0.08	22.36	22.94	7.84	7.28
12:30	0.94	0.39	21.41	20.77	7.70	6.99	12:45	0.27	0.09	22.35	22.96	7.85	7.30
12:45	0.91	0.40	21.38	20.74	7.12	6.95	1:00	0.25	0.07	22.33	23.00	7.87	7.33
1:00	0.90	0.42	21.36	20.71	7.14	6.93	1:15	0.23	0.01	22.30	23.03	7.90	7.35
1:15	0.87	0.45	21.33	20.69	7.16	6.90	1:30	0.21	0.05	22.26	23.05	7.93	7.37
1:30	0.85	0.47	21.30	20.67	7.18	6.06	1:45	0.20	0.03	22.24	23.07	7.95	8.28
1:45	0.81	0.50	21.26	20.63	7.20	6.81	2:00	0.16	0.01	22.21	23.10	7.97	7.42
2:00	0.79	0.51	21.20	20.60	7.22	6.72	2:15	0.11	0.03	22.20	22.98	7.00	7.44
Valor máximo	1.23	0.51	21.80	21.04	7.97	7.49		0.50	0.31	22.67	22.70	7.97	8.28
Valor mínimo	0.79	0.13	21.20	20.60	6.83	6.50		0.11	0.01	22.20	23.10	7.00	7.00
Valor promedio	1.00	0.33	21.50	20.80	7.06	7.00		0.31	0.12	22.40	22.90	7.80	7.26

Tabla 40. Parámetros de campo- salida de ALIVAL.

MUESTREO 1				MUESTREO 2			
HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH	HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH
9:00	1.08	15.60	6.99	9:00	0.80	16.12	6.80
9:15	1.04	15.73	7.00	9:15	0.75	16.10	6.89
9:30	0.85	15.43	7.01	9:30	0.60	16.00	6.92
9:45	0.89	15.38	6.92	9:45	0.46	15.94	6.65
10:00	0.79	15.53	6.84	10:00	0.51	16.34	6.62
10:15	0.77	15.35	6.94	10:15	1.10	16.50	6.58
10:30	0.75	15.85	6.80	10:30	1.00	16.40	6.54
10:45	0.73	15.65	7.07	10:45	1.20	15.85	5.60
11:00	1.10	15.00	7.13	11:00	1.25	15.98	6.90
11:15	0.87	15.71	6.77	11:15	1.35	16.03	6.87
11:30	0.83	15.59	6.88	11:30	0.90	16.08	6.74
11:45	0.82	15.56	6.82	11:45	0.85	16.05	6.72
12:00	0.90	16.34	6.86	12:00	0.95	16.15	6.70
12:15	0.93	14.03	6.96	12:15	1.30	16.30	6.57
12:30	0.99	15.40	7.03	12:30	1.15	16.20	6.79
12:45	0.95	17.29	7.05	12:45	1.05	16.41	6.76
1:00	1.01	15.49	7.10	1:00	1.40	16.18	6.85
1:15	1.03	15.45	7.23	1:15	0.70	16.17	6.82
1:30	1.06	15.50	6.90	1:30	0.55	15.91	6.64
1:45	0.92	15.79	6.70	1:45	0.41	15.95	6.51
2:00	0.97	15.46	6.74	2:00	0.65	16.25	6.95
Valor máximo	1.10	17.29	7.23		1.40	16.50	6.95
Valor mínimo	0.73	14.03	6.70		0.41	15.85	6.51
Valor promedio	0.90	15.53	6.94		0.90	16.12	6.70

Tabla 41. Parámetros de campo- salida de LÁCTEOS ANDINOS.

MUESTREO 1				MUESTREO 2			
HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH	HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH
9:00	0.83	17.05	7.40	9:00	0.40	17.38	7.60
9:15	0.95	17.10	7.39	9:15	0.90	16.95	7.63
9:30	0.97	17.01	7.42	9:30	0.56	16.92	7.55
9:45	0.99	17.20	7.45	9:45	0.48	16.90	7.56
10:00	0.50	17.30	7.48	10:00	0.70	16.85	7.54
10:15	0.64	17.40	7.49	10:15	0.77	16.87	7.51
10:30	1.03	17.5	7.50	10:30	0.80	16.83	7.49
10:45	0.55	17.7	7.53	10:45	0.81	16.86	7.48
11:00	0.62	17.8	7.60	11:00	0.85	16.81	7.45
11:15	0.90	18.0	7.65	11:15	0.69	16.77	7.46
11:30	0.70	18.05	7.80	11:30	0.44	16.72	7.40
11:45	0.73	17.00	7.85	11:45	0.51	16.66	7.35
12:00	0.79	16.98	7.90	12:00	0.57	16.99	7.65
12:15	0.81	16.95	6.70	12:15	0.65	17.01	7.70
12:30	0.75	16.85	7.00	12:30	0.46	17.07	7.75
12:45	0.68	16.76	7.30	12:45	0.54	17.10	7.80
1:00	1.19	16.67	7.25	1:00	0.66	17.14	7.82
1:15	0.60	16.52	7.20	1:15	0.74	17.19	7.83
1:30	0.96	16.44	7.16	1:30	0.60	17.22	7.85
1:45	0.86	16.39	7.10	1:45	0.75	17.26	7.90
2:00	0.77	16.06	7.02	2:00	0.79	17.33	7.91
Valor máximo	1.19	18.06	7.90		0.90	17.38	7.91
Valor mínimo	0.50	16.39	6.70		0.40	16.66	7.35
Valor promedio	0.70	17.01	7.39		0.65	16.95	7.63

Tabla 42. Parámetros de campo- entrada y salida de LÁCTEOS LA VICTORIA.

MUESTREO 1							MUESTREO 2						
HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	0.73	1.14	14.00	14.54	4.75	4.68	9:30	0.85	1.25	14.86	13.96	8.88	7.42
9:15	0.76	1.15	14.03	14.50	4.70	4.65	9:45	0.84	1.23	14.84	13.94	8.86	8.40
9:30	0.70	1.20	14.05	14.58	4.66	4.64	10:00	0.80	1.27	14.83	13.92	8.84	8.39
9:45	0.69	1.22	14.07	14.62	4.61	4.61	10:15	0.78	1.30	14.80	13.90	8.81	8.38
10:00	0.67	1.24	14.09	14.65	4.56	4.57	10:30	1.06	1.35	14.77	13.87	8.80	8.36
10:15	0.64	1.27	14.10	14.69	4.51	4.54	10:45	0.73	1.36	14.75	13.85	8.77	8.35
10:30	0.99	1.30	14.13	14.73	4.47	4.50	11:00	0.71	1.38	14.72	13.83	8.75	8.31
10:45	0.58	1.32	14.15	14.76	4.42	4.46	11:15	0.70	0.90	14.71	13.81	8.71	8.30
11:00	0.50	1.35	14.17	14.80	4.35	4.42	11:30	0.67	1.42	14.69	13.78	8.67	8.27
11:15	0.88	1.37	14.19	14.92	4.30	4.38	11:45	0.95	1.43	14.66	13.76	8.62	8.25
11:30	0.65	1.39	14.22	14.94	4.20	4.36	12:00	0.63	1.45	14.63	13.75	8.60	8.23
11:45	0.75	1.04	14.24	14.97	4.77	4.31	12:15	0.60	1.60	15.33	13.72	8.62	8.00
12:00	0.77	1.43	14.26	15.00	4.86	5.84	12:30	0.55	1.12	15.28	14.42	8.90	8.68
12:15	0.79	1.45	14.28	16.10	4.89	4.70	12:45	0.87	1.20	14.87	13.99	8.92	7.96
12:30	0.81	0.47	13.95	15.40	4.95	4.73	1:00	1.20	1.18	14.90	14.00	8.95	8.45
12:45	0.85	1.10	13.92	14.43	4.99	4.75	1:15	0.93	1.15	14.92	14.03	8.97	8.47
1:00	0.67	1.01	13.85	14.45	5.02	4.77	1:30	0.95	1.13	14.94	14.05	8.80	8.48
1:15	0.80	0.98	13.77	14.38	5.09	4.79	1:45	0.98	1.10	14.97	14.10	8.90	8.50
1:30	0.93	0.90	13.70	14.30	5.14	4.83	2:00	0.99	1.05	14.99	14.13	8.95	8.52
1:45	0.95	0.85	13.65	14.25	5.85	4.85	2:15	1.01	0.99	15.00	14.15	8.99	8.54
2:00	1.00	0.76	13.56	15.03	5.20	4.90	2:30	1.04	0.98	15.02	14.20	8.00	8.56
Valor máximo	1.00	1.45	14.28	15.40	5.85	4.90		1.20	1.60	15.33	14.42	8.97	8.68
Valor mínimo	0.55	0.47	13.56	14.50	4.20	4.31		0.55	0.90	14.63	13.72	8.00	7.42
Valor promedio	0.76	1.14	14.00	14.50	4.75	4.68		0.85	1.23	14.88	3.96	8.89	8.42

Tabla 43. Parámetros de campo- entrada y salida de FRIGOVITO.

MUESTREO 1						MUESTREO 2					
HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	1.00	17.60	15.50	8.15	7.19	10:00	1.00	25.30	18.01	7.05	7.02
9:15	1.05	17.40	15.30	8.10	7.21	10:15	1.30	25.35	18.03	7.10	7.00
9:30	1.07	18.80	15.10	8.07	7.24	10:30	1.60	25.39	18.05	7.14	6.98
9:45	1.10	17.30	15.00	8.05	7.25	10:45	1.90	25.40	18.10	7.00	6.96
10:00	1.15	17.00	13.98	8.03	7.28	11:00	1.67	25.43	18.13	7.18	6.94
10:15	1.19	17.98	13.95	8.01	7.30	11:15	1.00	25.41	18.16	7.19	7.07
10:30	1.23	17.97	13.86	8.00	7.32	11:30	1.10	25.46	18.20	7.21	6.92
10:45	1.26	17.94	13.76	7.95	7.35	11:45	1.19	25.48	18.24	7.24	6.89
11:00	1.28	17.91	13.65	7.93	7.36	12:00	1.21	25.50	18.28	7.27	6.86
11:15	0.80	17.85	13.53	7.91	7.38	12:15	1.26	25.55	19.00	6.30	6.83
11:30	1.34	17.83	13.50	7.90	7.40	12:30	1.30	25.60	18.03	7.31	6.80
11:45	1.36	17.82	13.48	8.55	7.42	12:45	0.32	25.65	18.05	7.36	6.78
12:00	0.39	17.79	15.56	7.85	7.44	1:00	0.99	24.76	18.07	7.39	6.75
12:15	0.41	17.85	14.60	8.53	7.17	1:15	0.92	24.81	18.10	7.40	7.08
12:30	0.99	17.90	14.68	8.17	7.15	1:30	0.87	25.28	18.00	7.43	7.52
12:45	0.96	17.93	14.72	8.20	7.13	1:45	0.82	25.20	17.91	6.45	7.12
1:00	0.94	17.94	14.76	8.25	7.10	2:00	0.79	25.19	17.83	6.90	7.15
1:15	0.91	17.97	14.82	8.30	7.08	2:15	0.75	25.17	17.75	6.00	6.17
1:30	0.88	17.99	14.87	8.36	7.06	2:30	0.70	25.15	17.64	6.79	7.19
1:45	0.85	18.00	14.90	8.39	7.03	2:45	0.68	25.13	17.00	6.70	7.21
2:00	0.80	18.03	14.98	8.43	7.87	3:00	0.63	25.10	17.46	6.60	7.23
Valor máximo	1.36	18.03	15.56	8.55	7.87		1.90	25.65	19.00	7.43	7.52
Valor mínimo	0.39	17.00	13.48	8.00	7.03		0.32	24.75	17.00	6.00	6.17
Valor promedio	1.00	17.80	14.50	8.15	7.19		1.00	25.30	18.00	7.00	7.07

Tabla 44. Parámetros de campo- entrada y salida de AVÍCOLA POLLO AL DÍA.

MUESTREO 1						MUESTREO 2					
HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
1:00	0.68	17.11	16.42	7.18	7.59	1:00	0.74	16.66	16.34	7.16	7.49
1:15	0.70	17.53	16.40	7.20	7.57	1:15	0.72	16.68	16.33	7.18	7.48
1:30	0.72	17.55	16.38	7.22	7.54	1:30	0.70	16.69	16.31	7.14	7.50
1:45	0.74	16.57	16.36	7.25	7.52	1:45	0.68	16.71	16.30	7.13	7.52
2:00	0.66	16.60	16.54	7.27	7.61	2:00	0.66	16.73	16.28	7.12	7.45
2:15	0.64	16.62	16.16	7.29	7.64	2:15	0.65	16.75	16.20	7.11	7.43
2:30	0.62	16.64	16.18	7.31	7.65	2:30	0.63	16.78	16.25	7.10	7.41
2:45	0.60	16.66	16.20	7.34	7.68	2:45	0.61	16.80	16.23	7.05	7.39
3:00	0.58	16.48	16.22	7.36	7.01	3:00	0.58	16.82	16.20	7.03	7.37
3:15	0.56	15.46	16.24	7.40	7.02	3:15	0.92	16.84	16.19	7.01	7.35
3:30	0.96	16.44	16.26	7.41	7.74	3:30	0.54	16.87	16.76	7.73	7.33
3:45	0.52	16.41	16.28	7.43	7.77	3:45	0.50	16.89	16.14	6.98	7.53
4:00	0.76	17.00	16.30	6.46	7.79	4:00	0.76	16.49	16.12	7.20	7.55
4:15	0.78	16.66	16.34	7.16	7.86	4:15	0.79	16.23	16.36	7.22	7.58
4:30	0.80	16.68	16.44	7.15	7.50	4:30	0.80	16.63	16.37	7.23	7.59
4:45	0.82	16.69	16.46	7.13	7.47	4:45	0.82	16.60	16.40	7.25	7.60
5:00	0.84	16.70	16.48	7.10	7.45	5:00	0.85	16.58	16.42	7.26	7.62
5:15	0.86	16.73	16.50	7.08	7.43	5:15	0.86	16.56	16.44	7.27	7.64
5:30	0.88	16.75	16.52	7.05	7.40	5:30	0.89	16.54	16.45	7.23	7.67
5:45	0.90	16.78	16.14	7.01	7.38	5:45	0.91	16.51	16.48	7.20	7.69
6:00	0.92	16.80	16.32	6.98	7.36	6:00	0.93	16.50	17.51	7.18	7.70
Valor máximo	0.96	17.11	16.54	7.43	7.86		0.93	16.89	17.51	7.73	7.70
Valor mínimo	0.56	16.41	16.14	6.46	7.01		0.50	16.23	16.12	6.98	7.33
Valor promedio	0.74	16.66	16.34	7.18	7.52		0.74	16.66	16.34	7.18	7.52

Tabla 45. Parámetros de campo- salida de AVÍCOLA EL TEJAR.

MUESTREO 1				MUESTREO 2			
HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH	HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH
1:00	1.37	16.30	6.99	1:00	1.88	17.10	7.10
1:15	1.39	16.35	6.96	1:15	1.86	15.15	7.00
1:30	1.34	16.38	6.94	1:30	1.81	17.19	7.15
1:45	1.32	16.40	6.92	1:45	1.79	17.20	7.20
2:00	1.73	16.45	6.90	2:00	1.76	17.22	7.24
2:15	1.28	16.48	6.88	2:15	1.74	17.25	7.29
2:30	1.25	16.50	6.86	2:30	1.72	17.28	7.35
2:45	1.23	16.53	6.84	2:45	1.70	17.30	6.40
3:00	1.20	16.56	6.81	3:00	1.68	17.33	7.43
3:15	1.19	16.59	6.80	3:15	1.65	17.36	7.48
3:30	1.15	16.61	6.79	3:30	1.63	17.39	6.52
3:45	1.10	16.63	7.41	3:45	2.60	17.42	7.55
4:00	1.40	16.28	7.00	4:00	1.90	17.01	6.99
4:15	1.45	16.26	7.02	4:15	1.93	16.98	6.92
4:30	1.47	16.21	7.04	4:30	1.95	16.96	6.87
4:45	1.49	16.19	7.06	4:45	1.97	16.95	6.84
5:00	1.51	16.15	7.08	5:00	1.99	16.93	6.80
5:15	1.54	16.13	7.10	5:15	2.00	16.90	6.78
5:30	1.57	16.10	7.12	5:30	2.03	16.87	6.75
5:45	1.59	16.09	7.13	5:45	2.05	16.85	6.70
6:00	1.62	16.07	7.14	6:00	1.84	16.80	6.64
Valor máximo	1.73	16.63	7.14		2.60	17.42	7.55
Valor mínimo	1.10	16.07	6.79		1.63	16.80	6.64
Valor promedio	1.39	16.34	6.99		1.88	17.10	7.00

Tabla 46. Parámetros de campo- salida de MORASURCO CAFÉ PURO.

MUESTREO 1				MUESTREO 2			
HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH	HORA	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	pH
9:00	0.70	18.60	6.48	9:00	0.91	20.06	7.15
9:15	0.72	18.62	6.46	9:15	0.93	20.04	7.13
9:30	0.74	18.64	6.44	9:30	0.95	20.01	7.11
9:45	0.76	18.66	6.42	9:45	0.97	20.00	7.09
10:00	0.78	18.69	6.40	10:00	0.99	19.97	7.07
10:15	0.80	18.71	6.37	10:15	1.00	19.95	7.05
10:30	0.83	18.73	6.35	10:30	1.05	20.93	7.32
10:45	0.84	18.75	6.36	10:45	1.10	19.91	7.01
11:00	0.86	18.78	6.32	11:00	1.15	19.87	7.31
11:15	0.87	18.80	6.30	11:15	1.20	19.85	6.98
11:30	0.89	18.83	7.10	11:30	1.22	19.83	6.96
11:45	0.90	18.86	6.25	11:45	1.24	20.59	6.94
12:00	0.92	18.90	6.20	12:00	0.78	18.98	6.92
12:15	0.68	18.55	6.50	12:15	0.89	20.07	7.20
12:30	0.66	18.52	6.52	12:30	0.87	20.10	7.20
12:45	0.64	18.50	6.55	12:45	0.49	20.12	7.22
1:00	0.62	18.47	6.57	1:00	0.80	20.15	7.24
1:15	0.60	18.45	6.59	1:15	0.72	20.17	7.26
1:30	0.57	18.41	6.61	1:30	0.70	20.19	7.28
1:45	0.55	18.39	6.63	1:45	0.50	20.22	7.32
2:00	0.52	18.36	6.66	2:00	0.65	20.25	7.37
Valor máximo	0.92	18.90	7.10		1.24	20.93	7.37
Valor mínimo	0.52	18.36	6.20		0.49	18.98	6.92
Valor promedio	0.70	18.60	6.48		0.91	20.06	7.15

Tabla 47. Parámetros de campo- entrada y salida de MINA LAS TERRAZAS.

MUESTREO 1							MUESTREO 2						
HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s E	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	0.06	0.03	17.20	16.80	7.56	7.59	9:30	0.75	0.12	17.90	16.22	7.16	7.01
9:15	0.05	0.04	17.18	16.82	7.58	7.61	9:45	0.73	0.10	17.70	16.24	7.14	7.03
9:30	0.07	0.02	17.15	16.84	7.53	7.63	10:00	0.70	0.13	16.40	16.20	7.12	7.04
9:45	0.04	0.01	17.13	16.86	7.51	7.66	10:15	0.68	0.14	16.10	16.26	7.10	7.06
10:00	0.03	0.05	17.11	16.89	7.50	7.67	10:30	0.66	0.16	17.35	16.27	7.08	7.08
10:15	0.02	0.06	17.00	16.91	7.48	7.70	10:45	0.64	0.18	16.85	16.29	7.06	7.09
10:30	0.01	0.07	16.98	16.93	7.45	7.73	11:00	0.62	0.19	16.81	16.31	7.05	7.10
10:45	0.08	0.08	16.96	16.95	7.43	7.75	11:15	0.60	0.10	16.78	16.33	7.03	7.13
11:00	0.09	0.03	16.95	16.97	7.40	7.78	11:30	0.57	0.12	15.73	16.35	7.01	7.15
11:15	0.10	0.02	16.93	16.99	7.37	7.80	11:45	0.55	0.14	16.70	16.37	7.42	7.17
11:30	0.12	0.01	16.25	17.00	7.36	7.83	12:00	0.52	0.10	16.67	16.39	6.96	7.19
11:45	0.14	0.01	16.87	17.10	7.33	7.86	12:15	1.36	0.17	16.64	16.40	6.94	7.21
12:00	0.10	0.05	16.85	17.11	8.19	6.93	12:30	0.47	0.10	16.92	16.43	7.18	7.23
12:15	0.16	0.06	17.22	16.77	7.60	7.56	12:45	0.72	0.09	16.95	16.17	7.20	7.00
12:30	0.01	0.07	17.24	16.75	7.63	7.53	1:00	0.70	0.01	17.98	16.14	7.21	6.99
12:45	0.18	0.08	17.25	16.70	7.65	7.51	1:15	0.68	0.07	17.00	16.12	7.23	6.95
1:00	0.02	0.03	17.28	16.66	7.66	7.50	1:30	1.44	0.06	17.05	16.11	7.25	6.93
1:15	0.03	0.02	17.30	16.65	7.70	7.48	1:45	0.65	0.05	16.06	16.09	7.27	6.90
1:30	0.04	0.01	17.32	16.63	7.72	7.45	2:00	0.64	0.03	16.09	16.07	7.29	6.87
1:45	0.02	0.01	16.35	16.61	7.75	7.42	2:15	0.61	0.01	17.10	16.05	7.31	6.84
2:00	0.10	0.01	17.38	16.60	7.78	4.40	2:30	1.46	0.03	17.12	16.00	7.35	6.24
Valor máximo	0.18	0.08	17.38	17.11	8.19	7.86		1.46	0.19	17.90	16.43	7.42	7.23
Valor mínimo	0.01	0.01	16.25	16.60	7.33	6.93		0.47	0.01	15.73	16.00	6.94	6.24
Valor promedio	0.07	0.04	17.20	16.80	7.58	7.59		0.75	0.10	16.90	16.20	7.16	7.01

Tabla 48. Parámetros de campo- entrada y salida de MINA ARMENIA.

MUESTREO 1						MUESTREO 2					
HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	5.33	17.28	17.19	7.89	7.85	9:00	4.44	18.50	17.61	7.98	7.83
9:15	5.35	17.30	16.56	7.92	7.83	9:15	4.42	18.55	17.63	7.96	7.85
9:30	5.30	17.25	16.59	7.87	7.87	9:30	4.40	18.60	17.59	7.93	7.80
9:45	5.28	17.23	16.61	7.94	7.80	9:45	4.37	18.63	17.57	7.90	7.75
10:00	5.25	17.20	16.63	7.96	7.77	10:00	4.35	18.66	17.53	7.87	7.74
10:15	5.20	17.19	16.65	7.99	7.75	10:15	4.33	18.70	17.50	7.85	7.71
10:30	5.19	17.17	16.68	8.00	7.73	10:30	4.31	18.74	17.62	7.84	7.70
10:45	5.17	17.15	16.70	8.03	7.71	10:45	4.30	18.75	17.60	7.80	7.68
11:00	5.15	17.13	16.73	8.05	7.70	11:00	4.27	18.79	17.58	7.78	7.67
11:15	5.13	17.10	16.76	8.07	7.69	11:15	4.25	18.80	17.54	7.74	7.64
11:30	5.10	17.08	16.79	8.09	7.66	11:30	4.23	18.81	17.51	7.71	7.61
11:45	5.08	17.06	16.81	8.11	8.20	12:45	4.20	18.82	17.60	7.70	7.59
12:00	6.27	17.87	16.85	7.24	8.18	12:00	4.17	17.20	17.58	8.78	8.81
12:15	5.37	17.33	17.45	7.85	7.87	12:15	5.49	18.49	17.56	8.00	7.87
12:30	5.39	17.35	17.42	7.83	7.89	12:30	4.16	18.47	17.52	8.03	7.89
12:45	5.41	17.38	17.39	7.80	7.91	12:45	4.49	18.44	17.49	8.05	7.90
1:00	5.43	17.39	17.37	7.78	7.93	1:00	4.51	18.40	17.63	8.07	7.92
1:15	5.45	17.42	17.34	7.75	7.95	1:15	4.53	18.35	17.61	8.10	7.94
1:30	5.47	17.45	17.30	7.72	7.98	1:30	4.55	18.30	17.59	8.13	7.96
1:45	5.50	17.47	17.28	7.70	7.99	1:45	4.57	18.27	17.51	8.16	7.99
2:00	5.53	17.50	17.40	7.68	8.01	2:00	4.60	18.23	18.86	8.20	8.00
Valor máximo	6.27	17.50	17.45	8.11	8.20		4.60	18.82	18.86	8.78	8.81
Valor mínimo	5.08	17.06	16.56	7.24	7.66		4.46	17.20	17.50	7.70	7.59
Valor promedio	5.35	17.30	16.50	7.87	7.87		4.44	18.50	17.63	7.98	7.85

Tabla 49. Parámetros de campo- entrada y salida de LOS FUNDADORES.

MUESTREO 1						MUESTREO 2					
HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S	HORA	CAUDAL L/s S	T °C E	T °C S	pH E	pH S
9:00	1.17	16.20	15.70	7.36	7.14	9:30	1.34	17.42	16.76	7.14	6.90
9:15	1.25	16.10	15.72	7.34	7.16	9:45	1.32	17.40	16.74	7.16	7.09
9:30	1.35	16.52	15.74	8.32	7.18	10:00	1.30	17.37	16.72	7.18	7.17
9:45	1.45	15.98	15.77	7.30	7.19	10:15	1.27	17.35	16.70	7.12	6.96
10:00	1.02	15.95	15.79	7.28	7.20	10:30	1.25	17.60	16.67	7.20	7.01
10:15	1.03	16.92	15.81	8.26	7.23	10:45	1.23	17.57	16.64	7.21	6.97
10:30	0.98	15.90	15.83	7.24	7.25	11:00	1.21	17.55	16.61	7.23	6.94
10:45	1.15	15.87	15.50	8.22	7.28	11:15	1.19	17.53	16.58	7.25	6.87
11:00	1.19	16.84	15.51	7.20	7.30	11:30	1.17	17.50	16.56	7.27	6.81
11:15	1.22	15.81	15.53	8.17	7.32	11:45	1.15	17.24	16.54	7.29	7.05
11:30	1.27	15.78	15.55	7.58	7.35	12:00	1.14	17.33	16.51	7.31	7.67
11:45	1.30	15.75	15.58	7.54	7.37	12:15	1.10	17.30	16.50	7.33	7.13
12:00	1.33	15.72	15.68	7.57	6.45	12:30	1.91	17.28	17.51	6.72	7.15
12:15	1.37	16.25	15.63	7.48	6.13	12:45	1.36	17.26	16.79	7.10	7.11
12:30	1.40	16.30	15.61	7.45	7.10	1:00	1.38	17.21	16.80	7.07	7.07
12:45	1.42	16.32	15.99	7.40	7.09	1:15	1.41	17.18	16.82	7.05	7.03
1:00	1.10	16.36	15.95	7.39	7.07	1:30	1.43	17.16	16.84	7.03	7.00
1:15	1.08	16.37	15.93	8.08	7.05	1:45	1.46	18.09	16.85	7.00	6.99
1:30	1.05	16.40	15.90	8.10	7.04	2:00	1.19	17.44	16.90	6.98	6.95
1:45	1.02	16.41	15.89	8.13	7.03	2:15	1.50	17.46	16.94	6.95	6.91
2:00	1.00	16.45	15.86	8.15	7.01	2:30	1.53	17.48	16.98	6.93	6.85
Valor máximo	1.42	16.92	15.99	8.32	7.37		1.91	18.09	17.51	7.33	7.67
Valor mínimo	0.45	15.72	15.50	7.20	6.45		1.10	17.16	16.50	6.98	6.85
Valor promedio	1.15	16.20	5.73	7.36	7.14		1.34	17.42	16.76	7.12	7.03

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Cajilla afluente inicial Central de sacrificio FRIGOVITO.



Foto 2. Vertimientos líquidos Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 3. Toma de muestras Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 4. Residuos sólidos Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 5. Laguna aeróbica Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 6. Aireador laguna aerobia Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 7. Laguna anaeróbica Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 8. Laguna Facultativa Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 9. Tubo de salida del efluente final Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 10. Manejo de Lodos Central de Sacrificio FRIGOVITO



Foto 11. Cajilla afluente inicial Motel los Faroles



Foto 12. Cajilla efluente final Motel los Faroles



Foto 13. Cajilla afluente inicial y toma de muestras Lácteos la Victoria



Foto 14. Captación de aguas lluvias Mina las Terrazas



Foto 15. Proceso de explotación de arena Mina las Terrazas



Foto 16. Saranda de arena Mina las Terrazas



Foto 17. Cajilla afluente inicial Motel las Delicias



Foto 18. Cajilla afluente inicial Estación de Servicio Los Fundadores



Foto 19. Cajilla efluente final Estación de Servicio Los Fundadores

