



CARACTERIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES POR VERTIMIENTOS EN TRAMOS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR, VALLEDUPAR 2011

CARACTERIZACION DE EFLUENTES OBJETO DE COBRO DE LA TASA RETRIBUTIVA



30/12/2011

Universidad del Atlántico

Grupo de Biodiversidad del Caribe colombiano



CARACTERIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES POR VERTIMIENTOS EN TRAMOS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR, VALLEDUPAR.

CARACTERIZACION DE EFLUENTES OBJETO DE COBRO DE LA TASA RETRIBUTIVA

INFORME FINAL

**PRESENTADO A
LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL CESAR “CORPOCESAR”**

POR

**UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
GRUPO DE INVESTIGACIÓN BIODIVERSIDAD DEL CARIBE COLOMBIANO**

**INVESTIGADORES
Luis Carlos Gutiérrez Moreno
Orlando Villa García
Walberto Troncoso Olivo**

BARRANQUILLA, Diciembre de 2011



Tabla de contenido

DESCRIPCION DEL TRABAJO.	10
AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO.	11
RESULTADOS	15
EMPRESAS DEL SECTOR DE LA LECHE Y PRODUCTOS DEL GANADO.....	15
Enfriadora “La Vallenata”.	15
Empresa procesadora de lácteos FRESKALECHE.....	18
Dairy Partners America (DPA).....	21
Cooperativa de Productores de Leche de la Costa Atlántica Ltda. (COOLECHERA).	22
Frigorífico FOGASA S.A.	24
Matadero del municipio de San Alberto.....	26
EMPRESAS DEL SECTOR DEL ACEITE DE PALMA	29
INDUPALMA	29
Palmas del Cesar.	31
AGROINCE	33
EXTRACTORA PALMARIGUANI S. A.....	36
Palmeras de La Costa.....	38
Grupo empresarial Hacienda Las Flores (OLEOFLORES).	39
Palmas oleaginosas de Casacará LTDA.	41
PALMAGRO S.A.....	43
EMPRESAS DEL SECTOR DE SERVICIOS PÚBLICOS (ALCANTARILLADO).	46
Municipio de Valledupar.	46
Corregimiento Morrison.....	50
Municipio de Aguachica.	51
Municipio de Becerril.	56
Corregimiento de Arjona.	57
Corregimiento Ayacucho	58
Corregimiento Costilla.....	59
Corregimiento La Victoria de San Isidro.	60
Corregimiento La Palmita	63
Corregimiento de Antequera.....	64



Corregimiento Cuatro Vientos.....	65
Corregimiento de Chimila.....	66
Corregimiento San José de Oriente	67
Corregimiento Líbano.....	68
Corregimiento La Loma	69
EMPRESAS DEL SECTOR DE MINAS E HIDROCARBUROS.....	71
ECOPETROL: Pozo Tisquirama.	71
ECOPETROL Planta de Ayacucho.	72
DRUMMOND	74
VALE COAL Colombia.....	77
NORCARBON	78
Carbones de La Jagua (CDJ)	79
Empresas de otros sectores.	81
Instituto penitenciario y carcelario de Valledupar (INPEC-EPAMSCASVAL).....	81
Estación de Servicio Rafael.	82
Estación de Servicio El Amarillo.....	84
Parador La Cabaña.	86
EMPRESAS DEL SECTOR PÚBLICO (SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES - STAR).	88
Municipio de Agustín Codazzi.....	88
Municipio de Astrea.	90
Municipio de Bosconia.	92
Municipio de Chimichagua.	95
Municipio de El Copey.	97
Municipio de El Paso.	100
Municipio de Gamarra.....	102
Municipio de González.	104
Municipio de La Gloria.....	106
Municipio de La Jagua de Ibirico.	109
Municipio de La Paz.....	111
Municipio de Pailitas.	114
Municipio de Pelaya.	116
Municipio de Pueblo Bello.....	118
RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFIA.....	125



ANEXOS.....	128
-------------	-----



TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del departamento del Cesar ubicando las estaciones de muestreo, que se corresponden con los sitios de vertimientos.....	13
Figura 2. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa “Enfriadora La Vallenata”	15
Figura 3. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	15
Figura 4. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	16
Figura 5. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	16
Figura 6. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa “FRESKALECHE”.	18
Figura 7. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	18
Figura 8. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	18
Figura 9. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	19
Figura 10. Tubería del vertimiento de FRESKALECHE cortada.	20
Figura 11. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa DPA.	21
Figura 12. Perfiles del valor de pH (a) y de la temperatura (b) en el agua de salida en la empresa.....	21
Figura 13. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa COOLECHERA.....	22
Figura 14. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	23
Figura 15. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	23
Figura 16. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa FOGASA.	24
Figura 17. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	25
Figura 18. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	25
Figura 19. Perfiles de la temperatura en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	25
Figura 20. Estado del sitio por donde sale el vertimiento del matadero de San Alberto.....	27
Figura 21. Perfiles de los parámetros medidos en campo, sobre los efluentes del establecimiento: pH (a), oxígeno disuelto (b), conductividad (c) y temperatura (d).	27
Figura 22. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa INDUPALMA.	29
Figura 23. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	29
Figura 24. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	30
Figura 25. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	30
Figura 26. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Palmas del Cesar.....	31
Figura 27. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	32



Figura 28. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	32
Figura 29. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	32
Figura 30. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa AGROINCE.....	34
Figura 31. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	34
Figura 32. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	34
Figura 33. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	35
Figura 34. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMARIGUANI.	36
Figura 35. Perfiles del pH (a) y la temperatura (b) del agua en la entrada del sistema de tratamiento en la empresa.....	37
Figura 36. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Palmeras de la Costa.	38
Figura 37. Daño en el canal que transporta los efluentes hasta el STAR en Palmeras de la Costa.	38
Figura 38. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Oleoflores.	40
Figura 39. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	40
Figura 40. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	40
Figura 41. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMACARA.	42
Figura 42. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	42
Figura 43. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	42
Figura 44. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMAGRO.....	44
Figura 45. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	44
Figura 46. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	44
Figura 47. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Valledupar (Salguero).....	46
Figura 48. Perfiles del pH (a) y la temperatura (b) del agua en la salida del sistema de tratamiento en la empresa.....	46
Figura 49. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Valledupar (El Tarullal).	48
Figura 50. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	49
Figura 51. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	49
Figura 52. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Morrison.	50
Figura 53. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Aguachica (sur).....	51
Figura 54. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	52
Figura 55. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	52
Figura 56. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	52



Figura 57. Imágenes de la salida del sistema de tratamiento de aguas residuales en Aguachica (sur).....	52
Figura 58. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	54
Figura 59. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	54
Figura 60. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	54
Figura 61. Sistema de tratamiento de aguas residuales (Jerusalén).....	55
Figura 62. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Becerril.....	56
Figura 63. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Arjona.	58
Figura 64. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Ayacucho.....	59
Figura 65. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Costilla.	60
Figura 66. Sitio del vertimiento de aguas residuales en La Victoria.....	61
Figura 67. Sitio donde corre el vertimiento del corregimiento La Palmita.	63
Figura 68. Instalaciones del sistema de tratamiento y sitio del vertimiento de aguas residuales en Antequera.	64
Figura 69. Instalaciones del sistema de tratamiento y sitio del vertimiento de aguas residuales en Cuatro Vientos.	65
Figura 70. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en Chimila.	66
Figura 71. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en San José de Oriente...67	
Figura 72. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en La Loma.	69
Figura 73. Instalaciones de la estación y del vertimiento de aguas residuales.....	71
Figura 74. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la Planta Ayacucho (ECOPETROL).....	72
Figura 75. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en ORICA.	73
Figura 76. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en DRUMMOND.....	74
Figura 77. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en VALE COAL.	77
Figura 78. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	77
Figura 79. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	77
Figura 80. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en NORCARBON.	78
Figura 81. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en CDJ.	79
Figura 82. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	79
Figura 83. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en El INPEC.....	81
Figura 84. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en LA EDS Rafael.	82
Figura 85. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	83
Figura 86. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.	83
Figura 87. Perfiles del oxígeno disuelto en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.....	83
Figura 88. Sitio del vertimiento aguas residuales en la EDS El Amarillo.	85
Figura 89. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en el parador La Cabaña.	86
Figura 90. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.	86



Figura 91. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.....	86
Figura 92. Perfiles del oxígeno disuelto en el agua de la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.....	87
Figura 993. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.	88
Figura 994. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.	89



DESCRIPCION DEL TRABAJO.

El objeto del contrato es la caracterización de las aguas residuales generadas por las empresas y municipios del departamento del Cesar, que son objeto del cobro de la tasa retributiva, según lo establece la constitución nacional de 1991, así como los decretos y normas nacionales (decretos: 2811 de 1974; 1594 de 1984; 3100 del 2003; 3440 de 2004; Ley 99 de 1993 y otras normas reglamentarias), con el fin de continuar con el seguimiento a los diversos efluentes que llegan a los suelos y cuerpos de agua naturales en el departamento, como le corresponde por ley a la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR).

Dentro de las caracterizaciones se realizó el análisis a los cuerpos de aguas que reciben los efluentes industriales, para obtener información que sirva de soporte al análisis de las posibles influencias que dichos efluentes hacen al medio natural hídrico del departamento del Cesar.

Los análisis incluyen explicaciones a las deficiencias detectadas en los sistemas de tratamientos de las empresas visitadas, que serán bases para las sugerencias que deberán tener en cuenta para el mejoramiento de los mismos.



AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO.

El muestreo fue realizado en territorio del departamento del Cesar, e incluía visitas a las empresas públicas municipales y a las descargas de aguas residuales en poblaciones que inician servicios (previo aviso mediante oficio; ver anexos), también se visitó a las empresas que generan vertimientos o que se encuentran en los registros del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible en calidad de generadoras de vertimientos (Tabla 1; Figura 1). Este listado fue revisado y avalado por la Corporación para elaborar los oficios que anunciaron las visitas y se adoptó el método de llamadas telefónicas para la precisión de la fecha y hora de la misma con las empresas (Tabla 2).

Las muestras para análisis microbiológicos y fisicoquímicos fueron enviadas refrigeradas al laboratorio Ortiz-Martínez en la ciudad de Barranquilla, y procesadas máximo 24 horas después de tomadas las muestras en el campo; este laboratorio se encuentra certificado por el IDEAM en las pruebas de desempeño (ver anexos).

Los parámetros medidos tanto en campo como en el laboratorio están consignados en la Tabla 1, que además incluye las unidades de medida y la técnica de medición utilizada (Boyer *et al.*, 2001; APHA-AWWA-WPCF, 2005; IDEAM, 2004, IDEAM, 2007; ver anexo sobre el protocolo de muestreo).

Tabla 1. Parámetros, unidades y técnicas utilizados en el presente trabajo.

Parámetros de medición	Técnica	Sitio
Temperatura (°C)	Potenciometría	Campo
Oxígeno disuelto (mg/L)	Potenciometría	Campo
pH	Potenciometría	Campo
Conductividad eléctrica (μS/cm)	Potenciometría	Campo
Caudal (m ³ /s)	Flujómetro	Campo
Posición geográfica	GPS	Campo
Coliformes Totales NMP/100ml.	Tubos múltiples	Laboratorio
Coliformes Fecales NMP/100ml.	Tubos múltiples	Laboratorio
Grasas y Aceites (mg/L)	Extracción soxhlet	Laboratorio
DQO (mg/L)	Reflujo abierto.	Laboratorio
DBO ₅ (mg/L)	Incubación 5 días a 25°C	Laboratorio
Sólidos en suspensión (mg/L)	Filtración	Laboratorio
Fósforo total (mg/L)	Digestión	Laboratorio

Las referencias para comparar los resultados de las mediciones, fueron tomadas de las normas colombianas, especialmente del decreto 1594 (1984), artículo 72 que trata sobre vertimientos.



Para la toma de muestras y preservación de las mismas realizado en el trabajo de campo, se usó refrigeración a 4 °C, teniendo en cuenta que el procesamiento de algunos de los parámetros que se midieron en el laboratorio, se realizó 24 horas después de la toma de muestra.

Tabla 2. Listado de empresas visitadas durante el presente trabajo.

Numero	Empresa	Sigla
1	Frigorífico FOGASA S.A.	FOGASA S.A.
2	Instituto penitenciario y carcelario	INPEC-EPAMSCASVAL
3	Dairy Partners America	DPA
4	Extractora Palmariguani S.A.	PALMARIGUANI S.A.
5	Palmeras de la Costa S.A.	Palmeras de la Costa S.A.
6	Corregimiento de Arjona	Arjona
7	Cooperativa de producto de leche de la Costa	COOLECHERA
8	PALMAGRO S.A.	PALMAGRO S.A.
9	Empresa municipal de servicios públicos de Becerril	EMBECERRIL
10	Extractora Sicarare S.A.A.	SICARARE
11	Oleoflores S.A.	Oleoflores S.A.
12	Palmas oleaginosas de Casacará Ltda.	Palmacará Ltda.
13	Corregimiento de Rincón Hondo	
14	Empresa Colombiana de Petróleos	ECOPETROL (Planta Ayacucho)
15	Enfriadora La Vallenata	La Vallenata
16	EDS El Amarillo	EDS El Amarillo
17	EDS Rafael	EDS Rafael
18	Industria Agraria de la Palma	INDUPALMA
19	Palmas del Cesar S.A.	Palmas del Cesar S.A.
20	Empresa Colombiana de Petróleos	ECOPETROL (Estación Tisquirama)
21	Freskaleche S.A.	Freskaleche S.A.
22	Agroince Ltda. y Cía. S.C.A.	Agroince Ltda. y Cía. S.C.A.
23	Organización TERPEL EDS El Cerro	Organización TERPEL EDS El Cerro
24	EDS El Remanso	EDS El Remanso
25	Empresa de servicios públicos de Aguachica	
26	Paradero La Cabaña	Paradero La Cabaña
27	Matadero San Alberto	BOSINDICUS

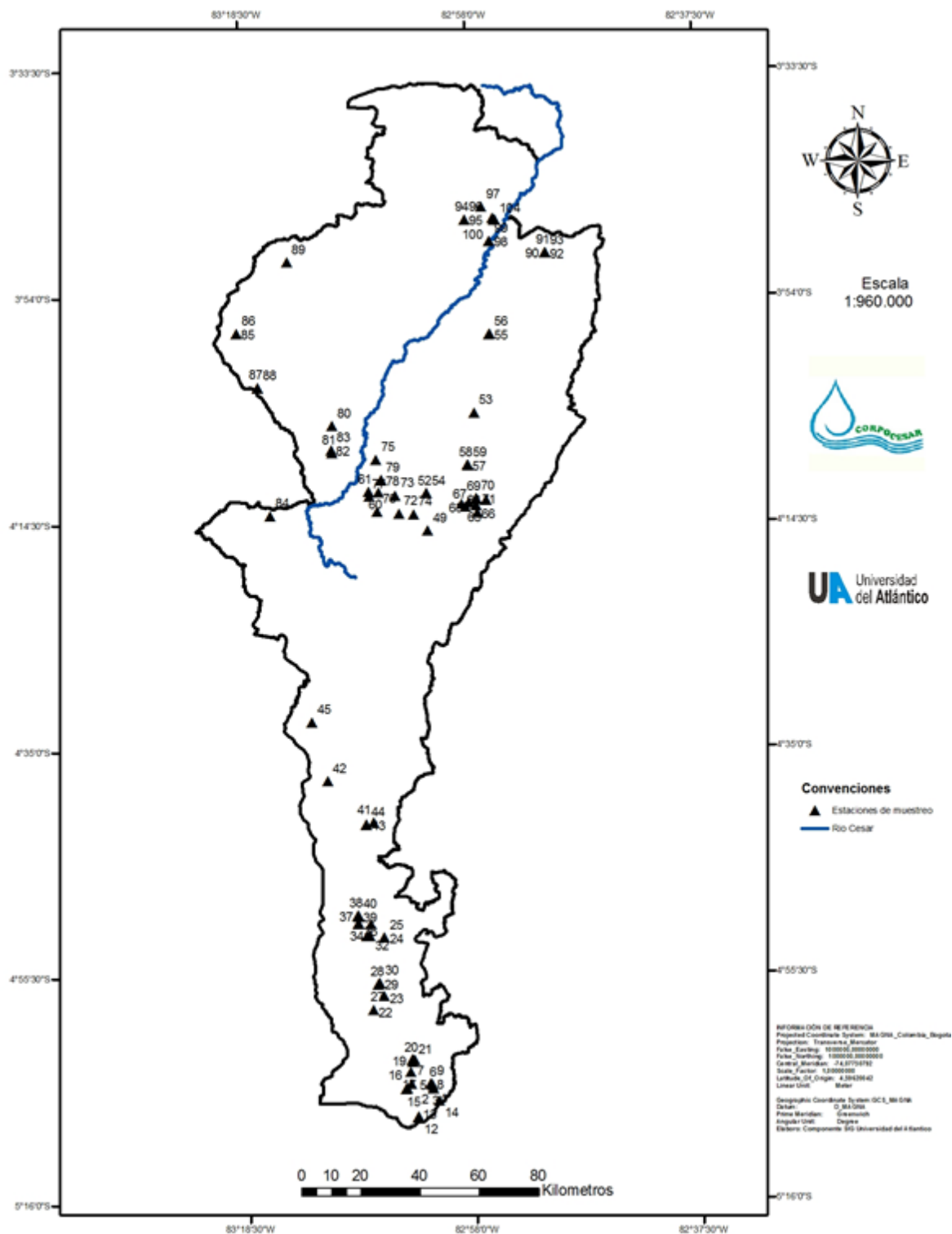


Figura 1. Mapa del departamento del Cesar ubicando las estaciones de muestreo, que se corresponden con los sitios de vertimientos.



Durante las visitas y recolección de muestras los operarios de la Universidad del Atlántico usaron elementos de seguridad personal, ropas de campo adecuadas y se siguieron los protocolos para un monitoreo seguro y eficiente.

Los resultados obtenidos fueron tabulados, los que se midieron en campo fueron graficados para una fácil visualización de los mismos. En el caso del pH se realizaron gráficos comparativos con los rangos de la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984, para aguas naturales); la norma señala un rango entre 5 y 9 unidades que se observa en las gráficas como “norma5” y “norma9”; la temperatura tiene como referencia que sea menor a 40 °C y el oxígeno disuelto la norma dice que debería estar mayor a 4 mg/L.

En lo casos en que CORPOCESAR ha definido los objetivos y metas definitivas de calidad para los cuerpos de agua estudiados y analizados se incluirá una comparación con la resolución 428 de 2008 y el acuerdo de consejo directivo emanados de la entidad territorial, que contiene los valores de referencia.

El cálculo de la carga contaminante según la fórmula:

Carga contaminante (Cc)= Caudal (Q) x Concentración (C)

Cuando los valores de concentración de los parámetros medidos, registran concentraciones menores al límite de detección del método utilizado, el cálculo es realizado utilizando el valor del límite referido.



RESULTADOS

EMPRESAS DEL SECTOR DE LA LECHE Y PRODUCTOS DEL GANADO.

Enfriadora “La Vallenata”.

Esta empresa posee un sistema de tratamiento de las aguas residuales que se ubica en las coordenadas 07°47'51,0'' N y 73°24'32,8'' O, en cercanía a la población de San Alberto. Los sitios de muestreos fueron ubicados antes y después del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa (Figura 2), así como en el cuerpo de agua que recibe los efluentes (quebrada “La Burra”).

La actividad que ejecuta la empresa es la de recibir la leche desde las fincas cercanas, enfriarla y despachar a las empresas que hacen el procesamiento y el empaque de la leche localizadas en otros municipios. La labor se realiza todos los días entre las 07:00 am y las 02:00 pm. Los flujos de las aguas que se generan hacia el sistema de tratamiento, están condicionados al movimiento diario de los camiones que ingresan con la leche en cantinas, éstas son lavadas y revisadas según las características básicas para conservar su calidad. Los resultados del análisis de las muestras en laboratorio, están consignadas en la Tabla 3.



Figura 2. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa “Enfriadora La Vallenata”.

Los perfiles de los parámetros de oxígeno, pH y temperatura del agua medidos directamente en campo, se muestran en las (Figura 3, 4 y 5).

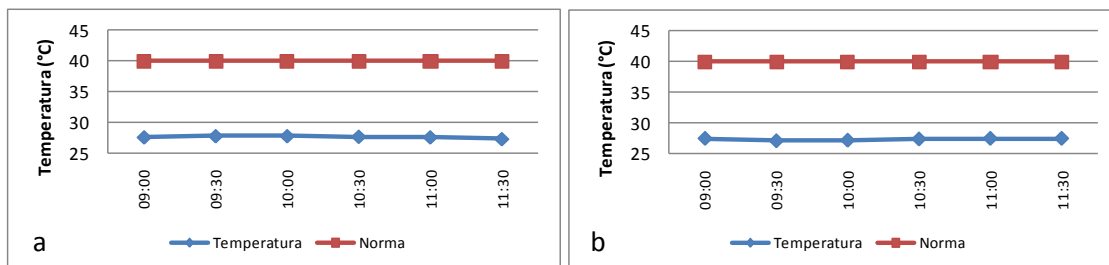


Figura 3. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

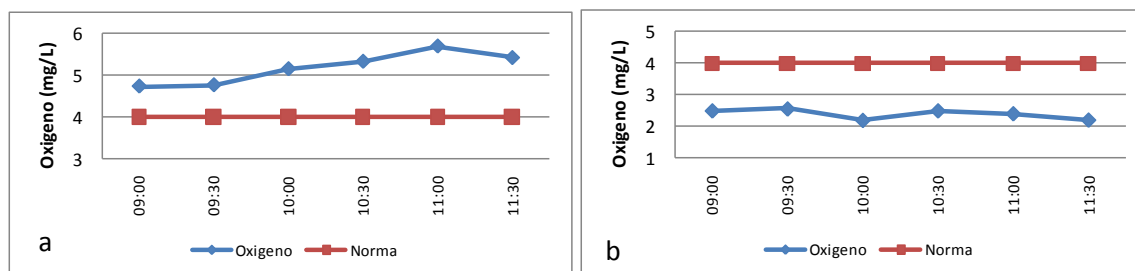


Figura 4. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

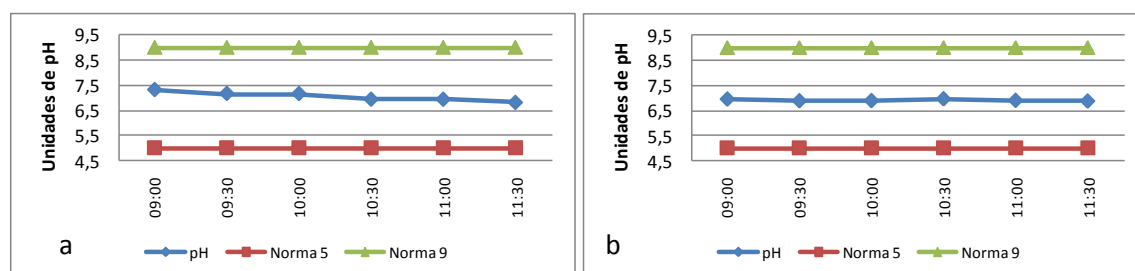


Figura 5. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización, se calculó la carga contaminante según la fórmula: **Carga contaminante (Cc)= Caudal (Q) x Concentración (C)**

Las cargas contaminantes de la empresa están consignadas en la Tabla 4, que expresa la misma en Kg/día del vertimiento.

Tabla 3. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa Enfriadora La Vallenata.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas E3	Salida del sistema de tratamiento de aguas E4	Eficiencia del sistema % de remoción/incremento	Observaciones
Caudal (m³/s)	0,018	0,008		
Oxígeno disuelto (mg/L)	5	2,2		EL valor mínimo es de 4 mg/L, la salida presenta deficiencia con respecto a la norma.
Ph	7,1	6,89		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	27,7	27,3		Cumple con la norma (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	240	315	-31,3	El sistema no presenta remoción para la DBO, el valor negativo demuestra que se genera acumulación de materia orgánica y por lo tanto los vertimientos presentan mayor carga orgánica que recibida.
Grasas y aceites (mg/L)	430	80	81,4	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito
Fósforo total (mg/L)	9,36	8,54	8,8	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 8,8 % de los mismos
Sólidos suspendidos (mg/L)	365	106,66	70,8	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito si se trata de un usuario existente (constituido antes de 1984). Si la empresa se constituyó después de 1984 es considerada como usuario nuevo y no cumpliría con el requisito
DQO (mg/L)	533,8	474,1	11,2	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 11,2% de los mismos
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	5.400.000	54.000.000	-900	La carga microbiana de Coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	5.400.000	54.000.000	-900	La carga microbiana de Coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.



Tabla 4. Cálculo de la carga contaminante de la empresa Enfriadora La Vallenata.

Parámetros	Sistema de tratamiento	
	Carga contaminante (Kg/día)	
	E3	E4
DBO ₅	311,04	181,44
Grasas y o aceites	557,28	46,08
Fósforo total	12,13056	4,91
Sólidos suspendidos	473,04	61,43
DQO	691,80	273,08

Los resultados anteriores indican que los parámetros de sólidos suspendidos, grasas y aceites presentan un valor de remoción del 70.8 y 81.4 % respectivamente. Los demás parámetros no presentan remoción (coliformes y DBO₅) o lo hacen en porcentajes bajos (menor del 15 %; DQO y fósforo total).

La caracterización de los efluentes en el cuerpo de agua receptor (Quebrada La Burra), en relación con los efluentes de la empresa enfriadora, presenta aumento de los parámetros DBO₅, fósforo total y coliformes (Tabla 5), por lo que es importante solicitar a la empresa, mejoras en el sistema de tratamiento, para que dichos parámetros no afecten la fuente natural de agua.

Tabla 5. Características del cuerpo de agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada La Burra 100 m antes (E1)	Quebrada La Burra 100 m después (E2)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,036	0,042	
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,2	5,31	Buen nivel de oxígeno, cumple la norma colombiana.
pH	8,1	7,93	Rangos normales, acorde con la norma.
Temperatura (°C)	26,2	26,7	Rangos normales, acorde con la norma.
DBO ₅ (mg/L)	3,2	3,8	Se evidencia un leve incremento de la DBO aguas abajo del vertimiento
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Fósforo total (mg/L)	0,263	0,28	Se evidencia un leve incremento en el parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	10	8	La concentración de sólidos es mayor aguas arriba que aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	1.700	22.000	Se evidencia un incremento de los C. totales después del vertimiento
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	1.300	9.400	Se evidencia un incremento de los C. fecales después del vertimiento

Recomendación: Los valores de coliformes evidencian aumento después del vertimiento de la empresa, se recomienda hacer los ajustes necesarios para disminuir la carga de este parámetro al sistema natural, lo que puede ayudar al aumento del oxígeno disuelto en el efluente. En el caso del oxígeno disuelto, un sistema de cascadas o caídas fuertes de agua mejora la concentración del parámetro aumentándolo; para los coliformes un sistema de vegetación flotante con raíces puede ayudar en la retención de microorganismos.



Empresa procesadora de lácteos FRESKALECHE.

Esta empresa posee un sistema de tratamiento de aguas residuales, que se ubica en las coordenadas 08°15'28,6'' N y 73°33'33,2''O cerca a la población de Aguachica. La actividad principal que ejecuta es la del procesamiento de leche para la producción de sus diferentes derivados, la labor se realiza durante 20 horas todos los días.

Se tomaron muestras antes y después del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa, así como en el cuerpo de agua que recibe los efluentes (quebrada "La Hormiga").



Figura 6. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa "FRESKALECHE".

Los resultados del análisis de las muestras en laboratorio, están consignadas en la Tabla 6 y los perfiles de los parámetros oxígeno, temperatura y pH se muestran en las Figura 7, 8 y 9.

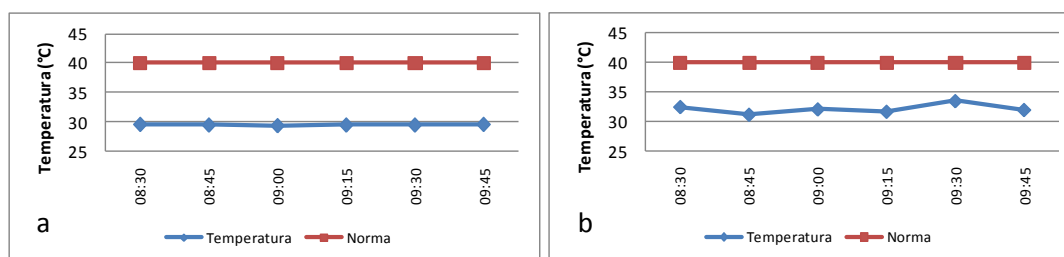


Figura 7. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

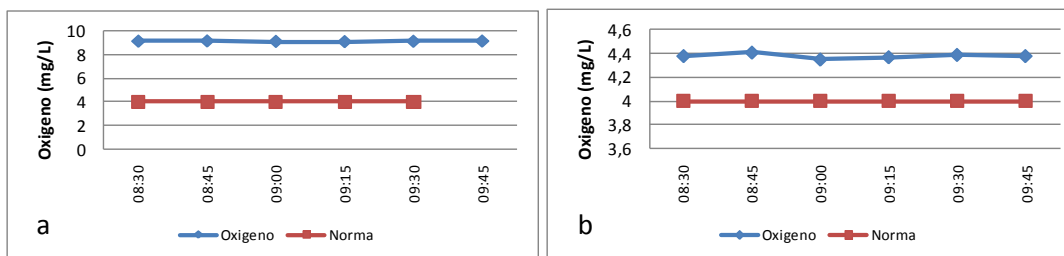


Figura 8. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

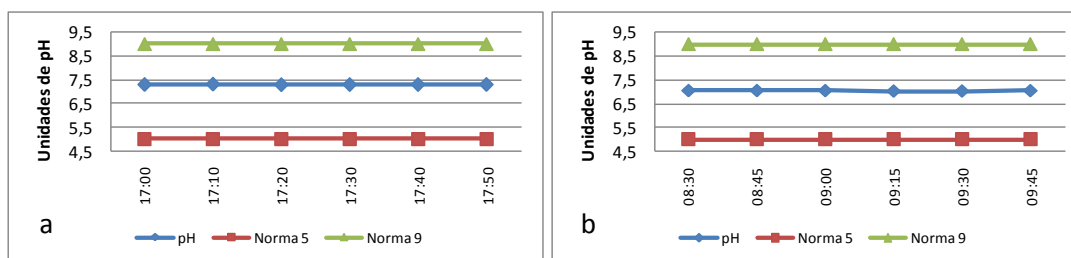


Figura 9. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 6. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa FRESKALECHE.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E24)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E25)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0042	0,0042		
Oxígeno disuelto (mg/L)	9,13	4,38		El valor mínimo es de 4 mg/L, los flujos cumplen con la norma.
pH	7,291	7,054		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	29,5	32		Los valores cumplen con la norma (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	150	465	-210	El sistema no presenta remoción de este parámetro, el valor negativo debe interpretarse como un incremento del 210 % en la salida del sistema respecto a la entrada.
Grasas y aceites (mg/L)	150	30	80,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	8,76	3,34	61,9	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una reducción del 61,9 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	580	155	73,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema No cumple con el requisito si es usuario nuevo. Pero si la empresa fue creada antes de 1984, cumple como usuario existente.
DQO (mg/L)	340,6	1017	-198,6	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema no presenta remoción para este parámetro con un incremento del 198,8 % a la salida del sistema
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	92.000.000	110.000	99	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	92.000.000	79.000	99	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema.

Los resultados anteriores indicaron que los parámetros de temperatura oxígeno y pH, se encuentran dentro de los rangos que establece la norma colombiana y que los sólidos suspendidos, grasas y aceites, fósforo total y los coliformes presentan valores de remoción del 73.3, 80.0, 61.9 y 99 % respectivamente. La DQO y la DBO₅ no presentan remoción, por el contrario aumentan al final del sistema de tratamiento, por lo que se constituye en un objetivo de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Con los resultados se realizó la cuantificación de la carga contaminante que se puede consultar en la Tabla 7. Resaltan los valores de DBO₅ y DQO, que aumentan al final del sistema como ya se mencionó anteriormente, que generan efectos adversos en las fuentes naturales de agua, hasta donde llegan.

Tabla 7. Cálculo de la carga contaminante de la empresa FRESKALECHE.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E24	E25
DBO ₅	864	2678,4
Grasas y aceites	864	172,8
Fósforo total	50,45	19,23
Sólidos suspendidos	3340,8	892,8
DQO	1961,85	5857,92

Esta empresa utiliza una extensa tubería sobre los terrenos de otra empresa, para hacer la descarga en un pequeño caño, sin embargo esta situación ha sido objeto de disputas entre las empresas y sus trabajadores por lo que la tubería es constantemente interrumpida (cortada; Figura 10). Durante la visita se evidenció esta situación por lo que al caño no estaba llegando vertimiento alguno. Se realizó una caracterización del cuerpo de agua natural (Tabla 8), que permite conocer las condiciones fisicoquímicas del mismo. Este caño presentó valores altos en las concentraciones de coliformes, así como en la carga orgánica (DBO₅ y DQO), por lo que es probable que los vertimientos del frigorífico FOGASA ubicado aguas arriba del caño, generen estas cargas. Esta teoría aunque plausible deberá ser verificada en campo mediante visita, para descartar que otros vertimientos no sean los responsables de los valores encontrados.



Figura 10. Tubería del vertimiento de FRESKALECHE cortada.

Tabla 8. Características del cuerpo de agua natural (Caño Hormiga).

Parámetros	Caño Hormiga (E26)
Caudal (m ³ /s)	0,096
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,005
pH	7,91
Temperatura (°C)	26,5
DBO ₅ (mg/L)	156
Grasas y aceites (mg/L)	64
Fósforo total (mg/L)	8,48
Sólidos suspendidos (mg/L)	76
DQO (mg/L)	362,2
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	12.000.000
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	6.300.000



Recomendación: Es importante que la empresa FRESKALECHE solucione los problemas de servidumbre para la tubería que realiza el vertimiento sobre el caño; de la misma manera se deberá tener en cuenta la carga orgánica (DBO) que actualmente descarga la STAR, ya que mediante la retención durante mayor tiempo del agua en las lagunas, se puede ayudar a mejorar (aumentar) la retención de DBO₅ del sistema.

Dairy Partners America (DPA).

La empresa está ubicada en el casco urbano del municipio de Valledupar, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales de alta tecnología (Figura 11), pero durante la visita este sistema estuvo en mantenimiento (con una solicitud a CORPOCESAR) por lo que la toma de muestra se realizó en el vertimiento que se realizó al sistema de alcantarillado (10°29'21,9'' N y 73°15'30,1''O).



Figura 11. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa DPA.

La caracterización de los efluentes y los perfiles tomados para la temperatura y el pH, se observan en la Tabla 9 y la Figura 12. Es evidente el valor del pH que está por encima de 9 y que en este caso no cumple con la norma de vertimiento (rango entre 5 y 9 unidades).

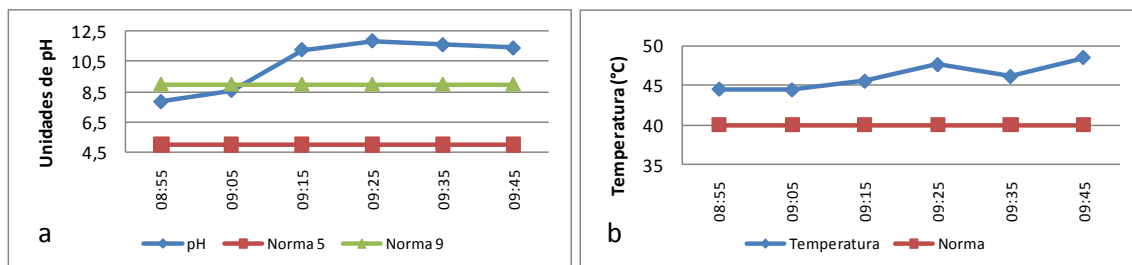


Figura 12. Perfiles del valor de pH (a) y de la temperatura (b) en el agua de salida en la empresa.



Tabla 9. Resultados de los análisis de las aguas efluentes de la empresa DPA.

Parámetros	Salida de aguas residuales	Carga contaminante (Kg/día)	Observaciones
	E97	E97	
Caudal (m ³ /s)	0,0094		Todos los vertimientos se realizaron en el sistema de alcantarillado de la ciudad de Valledupar, según una solicitud realizada por la empresa a la corporación ambiental CORPOCESAR.
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.		
pH	10,4		
Temperatura (°C)	46,5		
DBO ₅ (mg/L)	450	304,56	
Grasas y aceites (mg/L)	14,2	9,61	
Fósforo total (mg/L)	1,92	1,29	
Sólidos suspendidos (mg/L)	392	265,30	
DQO(mg/L)	900,6	609,52	
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	180		
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	180		

Los registros de pH y temperatura, están por encima de lo que la norma establece, pero al estar su sistema de tratamiento en mantenimiento, se considera que el vertimiento no se prolongó por mucho tiempo.

Recomendaciones: Aunque el sistema de tratamiento de aguas servidas está bien diseñado, en el momento de la visita los efluentes no eran tratados. La opción de la empresa fue la de utilizar la red de alcantarillado para la disposición de los efluentes pero esta situación recarga la actividad de procesamiento en las lagunas de oxidación de la empresa encargada de las aguas residuales de Valledupar. En estos casos es recomendable que la empresa DPA, cuente con un sistema (o plan) alternativo para el tratamiento de los efluentes mientras se realice el mantenimiento de la STAR.

Cooperativa de Productores de Leche de la Costa Atlántica Ltda. (COOLECHERA).

Esta empresa ubicada cerca de la localidad de Cuatro Vientos (El Paso), tiene un sistema de tratamientos de aguas residuales ubicado en las coordenadas geográficas 09°49'12,9"N y 73°43'08,9"O. La actividad que ejecuta es la de refrigeración y almacenamiento de leche hasta que se realice su transporte hasta la ciudad de Barranquilla, el trabajo es realizado durante 8 horas todos los días. En esta empresa se tomaron muestras antes y después del sistema de tratamiento de aguas residuales (Figura 13). Los resultados del análisis de las muestras en laboratorio están consignados en la Tabla 10, donde se incluyen comentarios sobre el cumplimiento de la normativa colombiana.



Figura 13. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa COOLECHERA.



De los parámetros medidos en campo, el pH de salida está al límite en el rango superior (Figura 14) y la temperatura cumple con la norma que aplica en Colombia, para vertimientos (Figura 15).

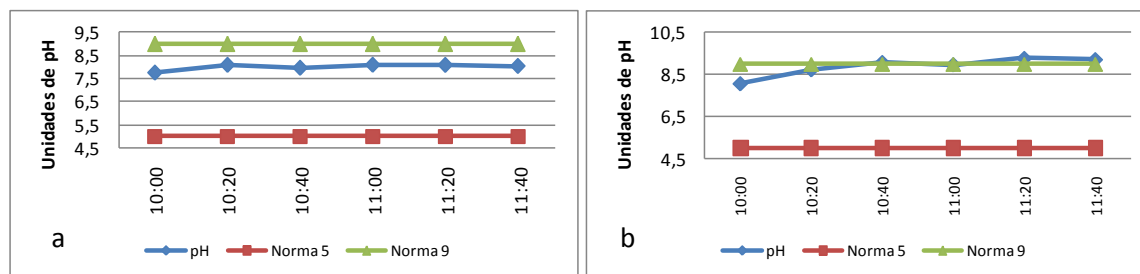


Figura 14. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

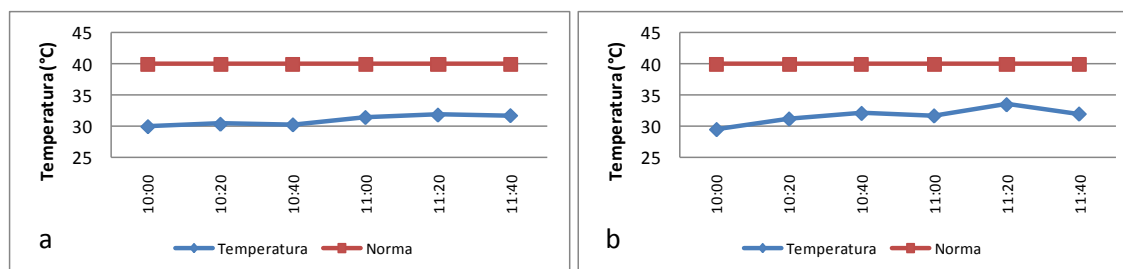


Figura 15. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Las descargas de materia orgánica al final del sistema, son de orden relativamente altos (mayor de 1000 Kg/día; Tabla 11), por lo que se recomienda realizar seguimiento anual y determinar si esta carga se repite durante el período de un año.

Tabla 10. Resultados de los análisis de las aguas efluentes de la empresa COOLECHERA.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas	Salida del sistema de tratamiento de aguas	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
	E80	E81		
Caudal (m ³ /s)	0,0029	0,0029		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	8,01	8,96		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades), pero está cerca del límite máximo.
Temperatura (°C)	30,3	31,7		Cumple con la norma (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	870	114	86,9	El sistema presenta una remoción de este parámetro del 86,9 %. La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con estos requisitos.
Grasas y aceites (mg/L)	75,8	<9,0	88,1	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	5,775	3,25	43,7	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una reducción del 43,7 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	352	170	51,7	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema no cumple con el requisito en caso de usuario nuevo.
DQO(mg/L)	1973	240,9	87,8	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema presenta remoción para este parámetro del 87,8 % a la salida del sistema.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	2.200.000	86	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema en un 86 %.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	5.400.000	2.200.000	59	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema en un 59 %.



Tabla 11. Cálculo de la carga contaminante de la empresa COOLECHERA.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E80	E81
DBO ₅	179,77	23,55
Grasas y aceites	15,66	1,85
Fósforo total	1,19	0,67
Sólidos suspendidos	72,73	35,12
DQO	407,70	49,77

Recomendaciones: Se deberá implementar un monitoreo anual (por lo menos tres veces al año) para determinar si la carga contaminante se repite durante ese período de tiempo o si es un episodio fortuito; este seguimiento es recomendado para aumentar la precisión de los cálculos utilizados en el cobro de la tasa retributiva.

Frigorífico FOGASA S.A.

Esta empresa posee un sistema de tratamiento para las aguas residuales que se ubica en las coordenadas geográficas 08°15'44,2" N y 73°36'15,8" O cerca a la población de Aguachica; se tomaron muestras antes y después del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa (Figura 16). La actividad que ejecuta es la del sacrificio de bovinos para los mercados del departamento de Santander principalmente.

Los resultados del análisis de las muestras en laboratorio están consignados en la Tabla 12, con observaciones sobre el cumplimiento de la norma colombiana.



Figura 16. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa FOGASA.

Los perfiles de los parámetros medidos directamente en campo, se muestran en las Figuras 17, 18 y 19, donde se compara con los valores de la norma.

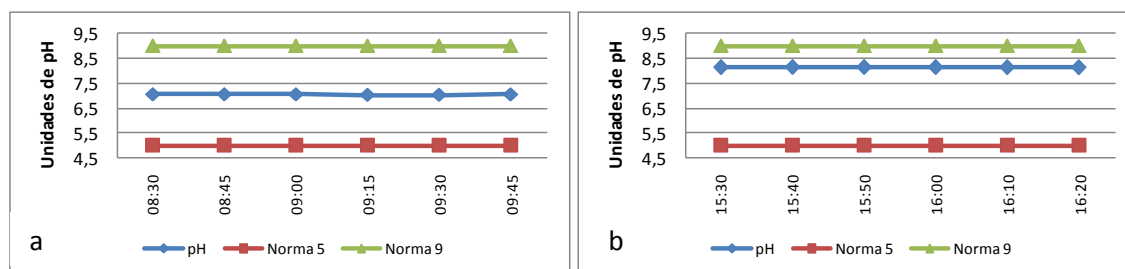


Figura 17. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

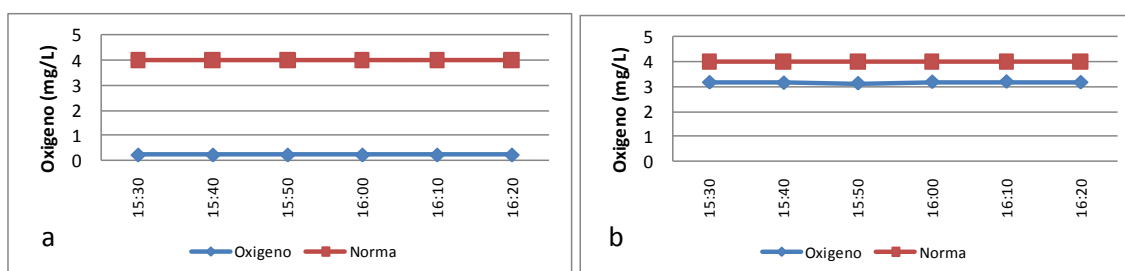


Figura 18. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

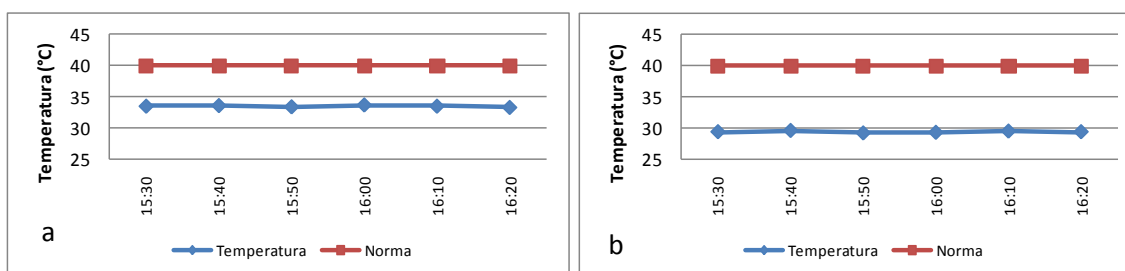


Figura 19. Perfiles de la temperatura en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Los cálculos de la carga de contaminante muestran que el sistema de tratamiento no está funcionando correctamente ya que se presentó aumento a la salida del mismo (Tabla 13). Por causas logísticas durante el monitoreo, no se pudo llegar hasta el caño donde drena este efluente, pero se estableció que es el caño Hormiga, que pasa por detrás de las instalaciones de FRESKALECHE. Aunque no se pudo determinar con precisión las condiciones del cuerpo de agua después del vertimiento, es probable que este efluente sea el responsable de la carga orgánica registrada en ese caño (ver Tabla 8), durante la visita a los vertimientos que realiza la empresa FRESKALECHE.



Tabla 12. Resultados de los análisis de las aguas efluentes de la empresa FOGASA.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E80)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E81)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,023	0,028		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,22	3,16		EL valor mínimo es de 4 mg/L (Decreto 1594), la salida del efluente presenta deficiencia de concentración con respecto a lo que norma indica.
pH	7,352	8,137		El valor cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	33,5	29,4		Cumple con la norma de vertimiento (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	12	2480	-20566,7	El sistema no presenta remoción de este parámetro el valor negativo es un incremento alto a la salida del sistema respecto a la entrada.
Grasas y aceites (mg/L)	11	3825	18,2	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	1,476	10,7	-624,9	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia un aumento del fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	58	550	-848,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema No cumple con el requisito para usuario de las dos condiciones.
DQO(mg/L)	25,3	5672	-22319,0	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema no presenta remoción para este parámetro con un incremento importante a la salida del sistema
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	250.000	12.000.000	-4700,0	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	170.000	6.000.000	-3429,4	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 13. Cálculo de la carga contaminante de la empresa FOGASA.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E80	E81
DBO ₅	19,87	6071,04
Grasas y o aceites	18,22	9363,6
Fósforo total	2,44	26,19
Sólidos suspendidos	96,05	1346,4
DQO	41,89	13885,05

Recomendación: Las empresas FOGASA y FRESKALECHE utilizan el caño Hormiga, para hacer los vertimientos de aguas residuales, las dos empresas presentaron cargas altas de DBO₅ por lo que el impacto sobre el cuerpo de agua receptor puede ser de riesgo para la diversidad biológica del mismo. Es importante que ambas empresas mejoren los sistemas de tratamiento y evitar posibles complicaciones al medio natural, aumentando la eficiencia de retención de materia orgánica principalmente. La razón del aumento de la DBO₅ al final del STAR, está relacionado con la acumulación de materia orgánica, que genera aumento de coliformes, los dos parámetros son indicadores de la presencia de materia orgánica.

Matadero del municipio de San Alberto.

El vertimiento esta empresa se ubica en las coordenadas 07°45'34,8'' N y 73°23'29,2''O en el municipio. Se tomaron muestras en el sitio de vertimiento de aguas residuales que se realiza directamente sobre el río San Alberto (Figura 20). Las condiciones del sistema de tuberías esta en



deterioro, por lo que se requieren adecuaciones de mejora con urgencia. La actividad de sacrificio es realizada todos los días entre las 17:00 y las 23:00 horas (5 a 11 de la noche), el número de sacrificios está entre 3 y 5 diarios, pero el día sábado se incrementa entre 25 y 35, dependiendo de la demanda del mercado.



Figura 20. Estado del sitio por donde sale el vertimiento del matadero de San Alberto.

Los perfiles de los parámetros medidos en campo se presentan en la Figura 21 y los resultados de los análisis realizados en la Tabla 14, que incluye el cálculo de la carga contaminante de los parámetros que indica la norma (Decreto 1594 y complementarios).

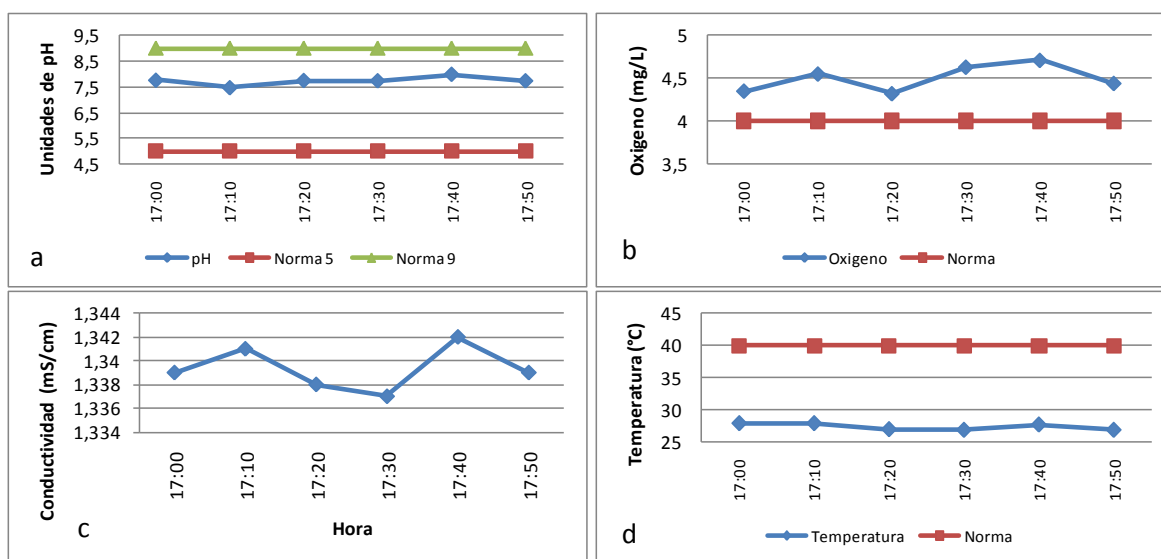


Figura 21. Perfiles de los parámetros medidos en campo, sobre los efluentes del establecimiento: pH (a), oxígeno disuelto (b), conductividad (c) y temperatura (d).



Tabla 14. Resultados de los análisis de las aguas residuales y el cálculo de las cargas contaminantes.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E14)	Carga contaminante (Kg/día)
Caudal	0,0005	
Oxígeno disuelto	4,55	
pH	7,758	
Temperatura	27,4	
DBO ₅	12000	69120
Grasas y o aceites	310	1785,6
Fósforo Total	20,7	119,232
Sólidos suspendidos	10960	63129,6
DQO	33440	192614,4
Coliformes totales	160.000.000	
Coliformes fecales	92.000.000	

Recomendación: Las altas cargas de parámetros contaminantes (Tabla 14), son producto de la ausencia de un sistema de tratamiento que permita controlar los vertimientos, por lo que la recomendación prioritaria y urgente es la construcción de dicho sistema, con un mantenimiento continuo que garantice la efectividad del mismo.



EMPRESAS DEL SECTOR DEL ACEITE DE PALMA

INDUPALMA

Indupalma Ltda., es una empresa promotora de negocios e inversión en palma y caucho; atiende las necesidades del mercado nacional e internacional en los sectores de grasas, aceites comestibles, concentrados, jabones y detergentes. Indupalma Ltda., forma parte del grupo de empresas Gutt – Haime. En Colombia las empresas del conglomerado agroindustrial así como la comercialización de aceites y derivados son: Indupalma, Grasco, Gracetales, Detergentes, Jabonería Central, Raza y C.I. Grasde.

La visita fue realizada en la extractora ubicada cerca a la población de San Alberto, donde han construido un sistema de tratamiento de aguas residuales, cuyas coordenadas geográficas son 07°42'40,3'' N y 73°27'13,7''O, donde fue realizado el muestreo (Figura 22).



Figura 22. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa INDUPALMA.

Los resultados de las mediciones pueden verse en las Figura 23 a 25 (perfiles de campo) y en la Tabla 17.

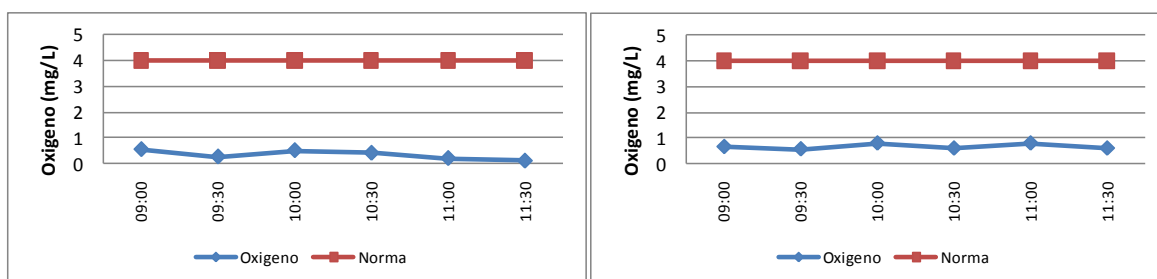


Figura 23. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

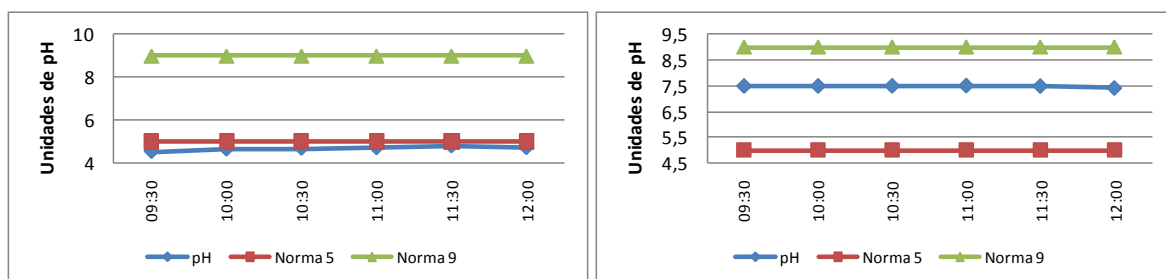


Figura 24. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

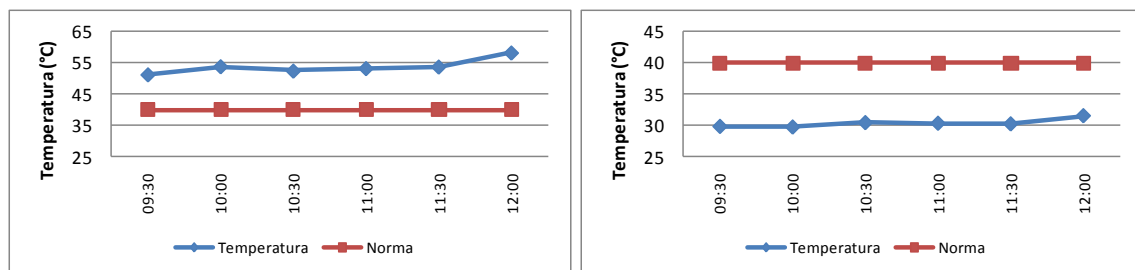


Figura 25. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 15. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa INDUPALMA.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E12)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E13)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0389	0,0259		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,3	0,6		EL valor mínimo es de 4 mg/L, la salida presenta deficiencia con respecto a la norma.
pH	4,6	7,45		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	52,2	30,6		Cumple con la norma de vertimiento (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	246	126	48,8	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito, en caso de ser usuario nuevo.
Grasas y aceites (mg/L)	126	17	86,5	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción del sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	17,34	14,96	13,7	La norma no establece valores de referencia para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una disminución del 13,7 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	480	390	18,8	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción del sistema no cumple con el requisito.
DQO(mg/L)	472,5	243,9	48,4	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 48,4 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	160.000.000	1.500.000	99,1	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	2.600.000	840.000	67,7	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema.

El vertimiento de la salida del sistema de tratamiento, es canalizado hasta la plantación de palmeras, para aprovechar la carga de nutrientes y materia orgánica a manera de abono natural, reciclando la materia orgánica (Tabla 16). Este tipo de aprovechamiento debe realizarse con precaución debido a la carga de ácidos grasos del efluente, que pueden generar acidificación de los suelos (Borie *et al.*, 1999).



Tabla 16. Cálculo de la carga contaminante de la empresa INDUPALMA.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E12	E13
DBO ₅	688,99	234,96
Grasas y o aceites	352,90	31,70
Fósforo Total	48,56	27,89
Sólidos suspendidos	1344,38	727,27
DQO	1323,37	454,82

Recomendaciones: Considerando los resultados de la calidad del agua a la salida del sistema de tratamiento, la Empresa debe hacer un seguimiento al aprovechamiento que actualmente hace, debido a la carga de ácidos grasos del efluente, que pueden generar acidificación de los suelos. Una mayor tecnificación podría ayudar al sistema de tratamiento para reducir la carga de ácidos grasos.

Palmas del Cesar.

Se visitó la extractora, específicamente el sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en las coordenadas geográficas 07°53'10,3'' N y 73°28'22,2''O, donde fue realizado el muestreo (Figura 26). Los resultados de las mediciones pueden verse en las Figura 27 a 29 (perfiles de campo) y en la Tabla 17.



Figura 26. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Palmas del Cesar.

La entrada del sistema de tratamiento presenta valores bajos de pH y altos de temperatura, pero el sistema los estabiliza en la descarga, por lo que salen ajustados a las normas de vertimientos (Decreto 1594, de 1984).

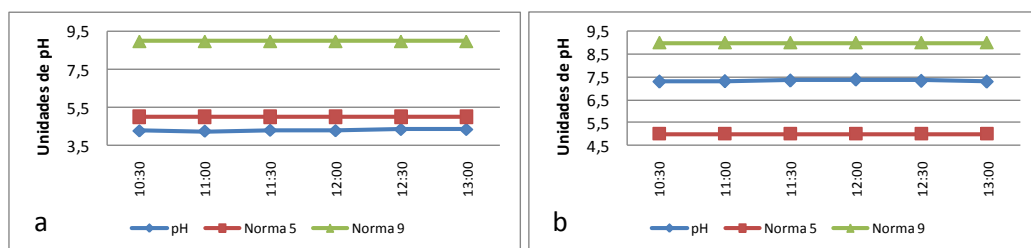


Figura 27. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

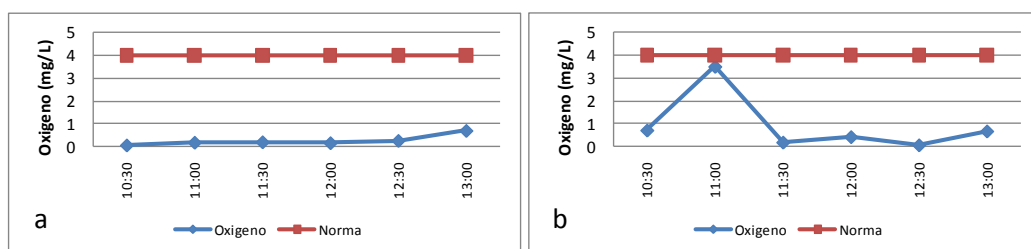


Figura 28. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

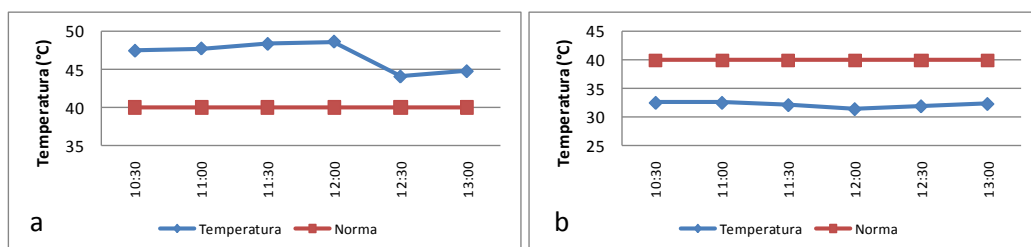


Figura 29. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 17. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa Palmas del Cesar.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E18)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E19)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,00730	0,00041		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,16	0,17		El valor mínimo por norma es de 4 mg/L, la salida presenta deficiencia con respecto a la misma.
pH	4,34	7,398		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	47,8	32,2		Cumple con la norma de vertimiento (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	21750	144	99,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasas y aceites (mg/L)	98	24	75,5	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	76,8	2,4	96,9	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia un incremento del 96.9 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	11760	900	92,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
DQO(mg/L)	40580	340,6	99,2	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 99,2 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	680	8.200	-	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	400	2.000	-	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.



Tabla 18. Cálculo de la carga contaminante de la empresa Palmas del Cesar.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E18	E19
DBO ₅	11431,8	4,25
Grasas y o aceites	51,51	0,70
Fósforo total	40,36	0,07
Sólidos suspendidos	6181,05	26,56
DQO	21328,84	10,05

Los vertimientos del sistema de tratamiento salen a una pequeña quebrada, cuyas condiciones se ven poco afectadas por los vertimientos (Tabla 19), pero que se debe continuar el seguimiento para evitar daños en caso de que los vertimientos cambien sus características.

Tabla 19. Características del cuerpo de agua natural (Quebrada La Rosita).

Parámetros	Quebrada La Rosita antes vertimiento (E20)	Quebrada La Rosita después del vertimiento (E21)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,064	0,064	
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,17	5,34	El valor mínimo es de 4 mg/L, cumple con la norma.
pH	7,42	6,62	Cumple con la norma para aguas naturales (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	28,5	28,3	Cumple con la norma de vertimiento (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	1,5	3,6	La concentración del parámetro después del vertimiento es mayor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,318	0,75	Se evidencia un leve incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	10	4	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO(mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	46.000	6.100	Se evidencia disminución de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	6.800	6.100	Se evidencia disminución de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendación: La mayor parte de los parámetros medidos son retenidos por el sistema de tratamiento, pero los valores de concentración del fósforo total y DBO₅ experimentan aumento al final del sistema; este problema se puede solucionar mediante la utilización de vegetación acuática en las lagunas de oxidación, antes del vertimiento final. Sin embargo esta vegetación deberá ser cosechada periódicamente para permitir el correcto flujo del agua.

AGROINCE

La empresa cuenta con lagunas de oxidación en el sistema de tratamiento (Figura 30) ubicadas en las coordenadas geográficas 08°06'53,3" N y 73°34'43,3" O, donde se tomaron muestras para la caracterización. Las Figura 31 a 33 muestran los perfiles tomados durante las mediciones realizadas en campo.



Figura 30. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa AGROINCE.

Los resultados obtenidos en este análisis de laboratorio se presentan en la Tabla 20, con observaciones sobre el cumplimiento de la norma colombiana en cuanto a los vertimientos. La Tabla 21 contiene el cálculo de la carga contaminante, con las diferencias entre la entrada y la salida del sistema. La caracterización del cuerpo de agua natural, evidencia poca influencia de los vertimientos sobre las condiciones naturales (sólidos en suspensión y coliformes totales).

El sistema de tratamiento de aguas residuales funciona, pero las concentraciones de coliformes al final del tratamiento son mayores que las que se registran al comienzo, por lo que se recomienda continuar la vigilancia de los efluentes para garantizar la buena calidad del sistema hídrico natural, a donde llegan los vertimientos. Los coliformes fecales y totales ayudan en la degradación de la materia orgánica, pero si no encuentran sustrato donde interactuar pueden desarrollarse sobre organismos vivos en los cuerpos de aguas naturales (Begon *et al.*, 2006). Además pueden indicar acumulación de materia orgánica en el sistema de tratamiento, que debe removerse.

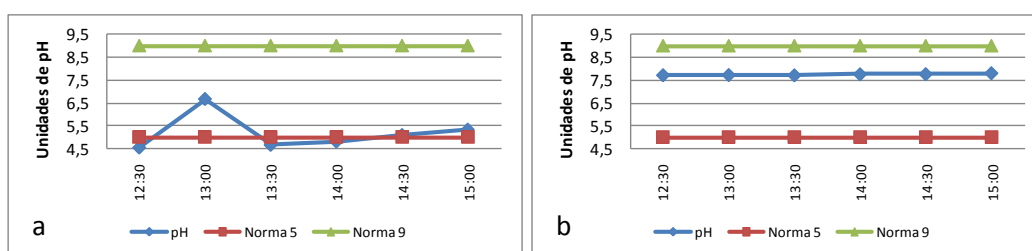


Figura 31. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

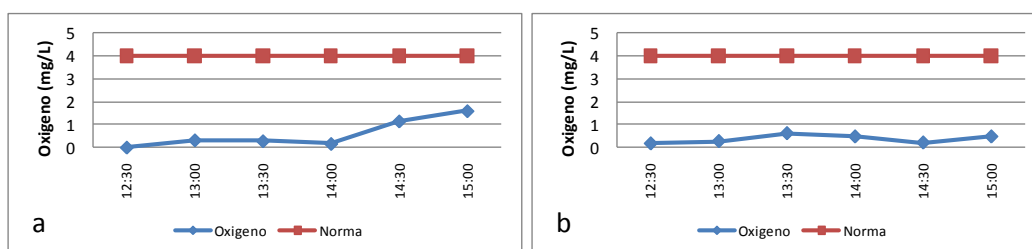


Figura 32. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

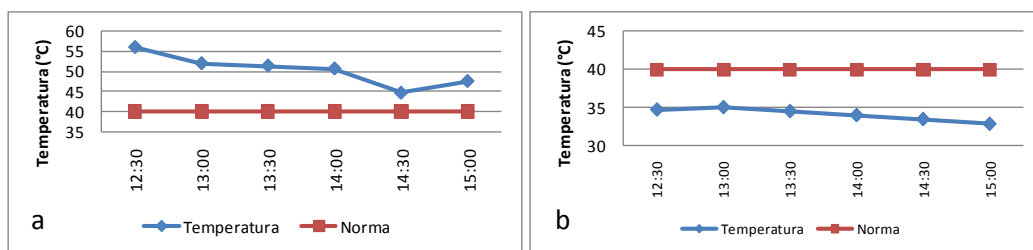


Figura 33. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 20. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa AGROINCE.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E27)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E28)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0044	0,000154		
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,05	0,32		Se presenta deficiencia del parámetro comparado con el valor de la norma.
pH	4,8	7,75		El pH de salida se encuentra dentro del rango que la norma establece (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	49,8	34,8		La temperatura de salida cumple con el requisito de vertimientos, menor de 40 °C.
DBO ₅ (mg/L)	14500	132	99	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasas y aceites (mg/L)	2195	90	95	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	54,6	6,85	87	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una disminución del 87 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	20980	620	97	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
DQO(mg/L)	37435	312,46	99	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 99 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	680	250.000		La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	450	170.000		La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 21. Cálculo de la carga contaminante de la empresa AGROINCE.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E27	E28
DBO ₅	4593,6	1,46
Grasas y aceites	695,37	0,99
Fósforo total	17,29	0,076
Sólidos suspendidos	6646,46	6,87
DQO	11859,41	3,46

Tabla 22. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada Tumbachica antes vertimiento (E29)	Quebrada Tumbachica después vertimiento (E30)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	2,1	2,1	
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,47	5,43	Los valores cumplen con la norma colombiana.
pH	7,823	7,81	Los valores cumplen con la norma colombiana.
Temperatura (°C)	31,7	31,7	Los valores cumplen con la norma colombiana.
DBO ₅ (mg/L)	4,5	3,9	La concentración del parámetro después del vertimiento es menor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,296	0,476	Se evidencia un leve incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	43	53	Se evidencia un incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento
DQO(mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	49.000	79.000	Se evidencia un incremento de los C. totales después del vertimiento
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	14.000	1.400	Se evidencia una disminución de los C. fecales después del vertimiento

Recomendación: El sistema de tratamiento funciona para algunos parámetros y en otros no, los coliformes totales y fecales presentaron incremento de las concentraciones al final del sistema en el cao de los totales se evidencia que la quebrada que recibe los efluente, es afectada. Esto puede estar indicando posibles fallas en el funcionamiento del sistema, por lo que se recomienda revisión y mantenimiento del mismo.

EXTRACTORA PALMARIGUANI S. A.

La empresa está ubicada en la salida del municipio de Bosconia, posee un sistema de tratamiento de las aguas residuales, con cuatro lagunas de oxidación ubicadas en las coordenadas geográficas 09°56'15,3''N y 73°56'54,5''O (Figura 34), donde se tomaron muestras para la caracterización respectiva.



Figura 34. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMARIGUANI.

Las Figura 35 muestran los perfiles tomados durante las mediciones realizadas en campo, donde resalta la temperatura de 54 °C y pH cercanos a 5 unidades. Los resultados obtenidos de las muestras recogidas (Tabla 23), indicaron que el sistema de tratamientos de aguas residuales presenta deficiencias en su funcionamiento, los valores de materia orgánica, fósforo y de



coliformes aumentan en la descarga que se realiza sobre la plantación que está detrás de la STAR. El único parámetro que cumple con la disminución que señala la ley, es la de los sólidos en suspensión (95 % de remoción). En estas condiciones la STAR, parece estar colmatada y está generando valores altos de DBO y DQO, que deben ser normalizados mediante mejoras y mantenimiento al sistema.

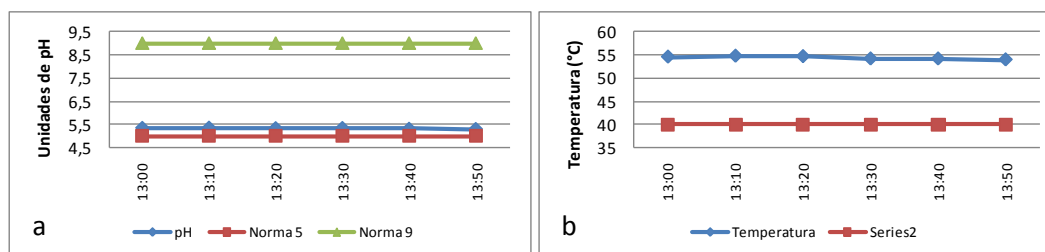


Figura 35. Perfiles del pH (a) y la temperatura (b) del agua en la entrada del sistema de tratamiento en la empresa.

La falta de un sistema definido de salida en la STAR, no permitió medir el flujo en la salida del mismo, por lo que no se pudo calcular la carga de contaminantes en este efluente. Se recomienda que la planta aumente la eficiencia de retención de aceites antes de enviar los efluentes a la STAR; esto puede ayudar en el funcionamiento del sistema ya que no se recarga el mismo y se puede aumentar el aprovechamiento. Como se mencionó antes, la carga de ácidos grasos puede generar acidificación de suelos, si no se retiran de los efluentes.

Tabla 23. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa PALMARIGUANI.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E87)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E88)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,007	Sin flujo		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	5,4	9,286		El valor de salida está por encima del valor la norma.
Temperatura (°C)	54,3	35,7		El valor de salida cumple con la norma de vertimientos.
DBO ₅ (mg/L)	212	858	-304,7	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes. La remoción en concentración del sistema no cumple con el requisito y esta generando aumento del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	1160	480	58,6	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	10,7	25,3	-136,4	La norma no establece remociones para estos compuestos. A la salida del sistema se evidencia aumento de fósforo total, evidencia fallas en el funcionamiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	29640	1236	95,8	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito para todo usuario.
DQO(mg/L)	498	1925	-286,5	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema presenta aumento en la salida, en este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	9.200.000	16.000.000	-	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	9.200.000	16.000.000	-	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Recomendación: La empresa debe mejorar la planta de tratamiento, implementar un sistema de manejo o buscar asesoría externa, para aumentar la eficiencia de retención de aceites en la planta extractora, antes de enviar los efluentes a la STAR. Durante la visita fue evidente que el aceite de palma que llega a las lagunas, puede ser disminuido.



Palmeras de La Costa.

La empresa está ubicada cerca de la población de El Copey, cuenta con un sistema de lagunas de oxidación para el tratamiento de sus efluentes, ubicadas en las coordenadas geográficas 10°06'04,0''N y 74°00'51,7''O (Figura 36), pero por efectos de las fuertes lluvias, el canal que permite conducirlos hasta las lagunas sufrió un daño (Figura 37). Por tal razón la empresa acumuló los efluentes durante este proceso hasta que se realice el arreglo.



Figura 36. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Palmeras de la Costa.

Se tomaron muestras para la caracterización en el almacenamiento de efluentes y lo que estaba saliendo del sistema de tratamiento. La empresa posee un sistema para la producción de abono orgánico, donde es utilizada en su totalidad las aguas residuales; en conversación con el encargado del sistema, en el futuro la STAR dejará de funcionar por el uso que se le dará al efluente en la producción de abono. La Tabla 24 muestra los resultados de las mediciones realizadas, aclarando que al no existir flujos de entrada no es posible evaluar la eficiencia del proceso de remoción.



Figura 37. Daño en el canal que transporta los efluentes hasta el STAR en Palmeras de la Costa.



Tabla 24. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa Palmeras de la Costa.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E85)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E86)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,008	0,006		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	7,65	8,046		Los valores cumplen con las referencias de la norma.
Temperatura (°C)	65,1	30,2		El valor de salida cumple con la referencia de la norma.
DBO ₅ (mg/L)	525	187		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
Grasas y aceites (mg/L)	354	101		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
Fósforo total (mg/L)	3,7	5,4		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
Sólidos suspendidos (mg/L)	401	132		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
DQO(mg/L)	986	310		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	17.000	200		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	13.000	200		El sistema no está recibiendo efluentes por lo que no se puede establecer una diferencia.

Tabla 25. Cálculo de la carga contaminante de la empresa Palmeras de la Costa.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E85	E86
DBO ₅	302,4	80,78
Grasas y aceites	203,90	43,63
Fósforo total	2,13	2,33
Sólidos suspendidos	230,97	57,02
DQO	567,93	133,92

Grupo empresarial Hacienda Las Flores (OLEOFLORES).

La empresa cuenta con un sistema de lagunas de oxidación para el tratamiento de sus efluentes ubicadas en las coordenadas geográficas 10°06'07,1''N y 73°14'01,9''O (Figura 38). La empresa posee infraestructura para la producción de abono orgánico, que utilizará los efluentes del sistema de tratamiento en el proceso. La mayor parte de estos efluentes son utilizados para regar la plantación de palmas.



Figura 38. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa Oleoflores.

Se tomaron muestras antes y después del sistema de tratamiento de aguas, para generar una caracterización de los efluentes, los resultados se pueden observar en la Tabla 26, los cálculos de la carga contaminante se presentan en la Tabla 27 y los perfiles de los parámetros medidos en campo se pueden observar en las Figura 39 y 40.

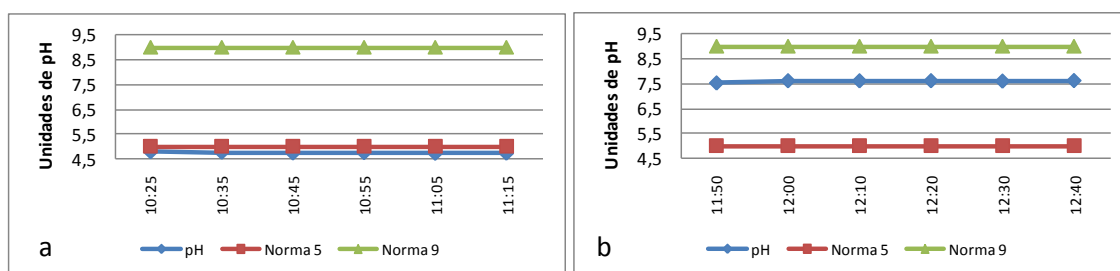


Figura 39. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

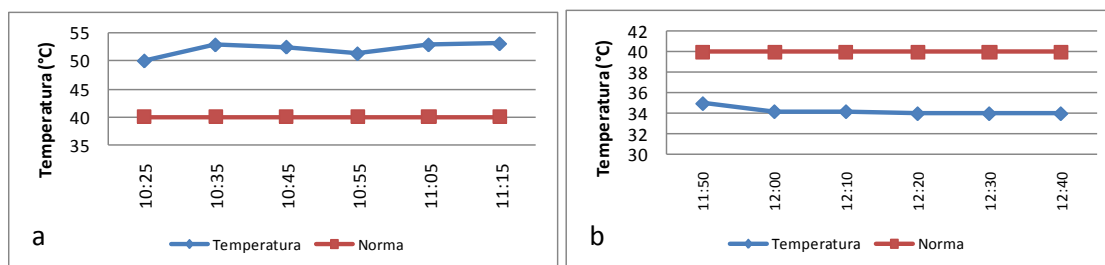


Figura 40. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Los resultados indican buen funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la mayoría de los parámetros evaluados, con excepción de los coliformes por el uso que se le asigna a estos efluentes, la situación de los mismos no parece crítica aunque deberá seguir en observación.



Tabla 26. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa Oleoflores.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E55)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E56)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,034	0,034		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	4,7	7,62		El sistema funciona para estabilizar el pH.
Temperatura (°C)	52,5	34,2		La temperatura de salida cumple con la norma.
DBO ₅ (mg/L)	14400	1020	92,9	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasas y aceites (mg/L)	4911	200,4	95,9	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	62,5	33,9	45,8	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia remoción del 45,8% de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	23100	1060	95,4	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito para usuarios nuevos y existentes.
DQO(mg/L)	61450	1927	96,9	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 96,9 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	550.000	43.000.000		La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	360.000	3.100.000		La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 27. Cálculo de la carga contaminante de la empresa Oleoflores.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E55	E56
DBO ₅	35251,2	2496,96
Grasas y aceites	12022,12	490,57
Fósforo Total	153	82,98
Sólidos suspendidos	56548,8	2594,88
DQO	150429,6	4717,29

Recomendaciones: Implementar un plan de monitoreo que permita tener una historia del comportamiento físico-químico y bacteriológico de los efluentes sobre los cuerpos de agua utilizados para hacer el vertimiento. De especial interés son los denominados “vertimientos difusos”, que por no estar ubicados de manera precisa, no se conoce la influencia real sobre aguas subterráneas o sobre quebradas y ríos ubicados en sus alrededores.

Palmas oleaginosas de Casacará LTDA.

Los vertimientos de la empresa están ubicados en las coordenadas geográficas 9°51'39,3'' N y 73°16'53,1''O; donde existe un sistema de lagunas de oxidación para el tratamiento de sus efluentes (Figura 41). La empresa utiliza los efluentes del STAR, para el riego de los cultivos de palma ubicadas en la parte de atrás del sistema.



Figura 41. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMACARA.

Los resultados de la caracterización se consignan en la Tabla 28, los perfiles de la temperatura y el pH en las Figura 42 – 43; la carga de contaminantes calculada es presentada en la Tabla 29.

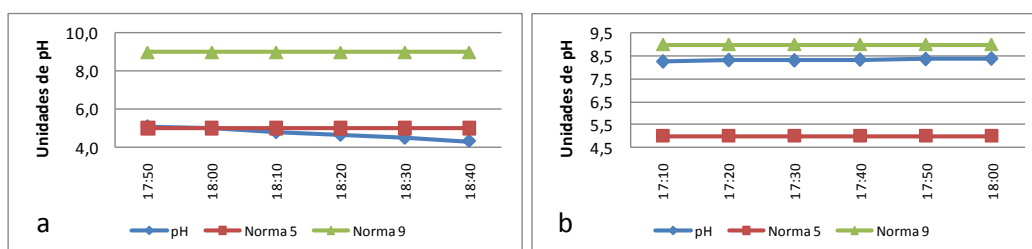


Figura 42. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

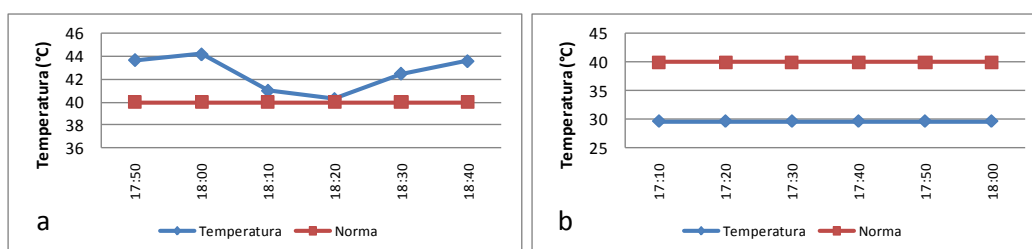


Figura 43. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Los resultados indican buen funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, con excepción de los coliformes que aumentan al final del tratamiento. Esta situación no parece peligrosa por la disposición final de los efluentes, pero como medida de precaución deberán tenerse en cuenta para las mejoras del sistema de tratamiento, teniendo en cuenta que el pH en la salida está muy cercano al límite superior que establece norma la colombiana.



Tabla 28. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa PALMACARA.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E54)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E53)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,054	0,045		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	4,984	8,28		El sistema funciona en la estabilización del pH.
Temperatura (°C)	44	29,6		La temperatura de salida cumple con la norma.
DBO ₅ (mg/L)	15600	174	98,9	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito tanto para usuario nuevo como existente.
Grasas y aceites (mg/L)	45664	15,8	100,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	19,712	6,392	67,6	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia remoción del 67,6 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	25880	62	99,8	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
DQO(mg/L)	37435	418,8	98,9	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 98,9 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	35.000.000	240.000.000		La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	35.000.000	130.000.000		La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 29. Cálculo de la carga contaminante de la empresa PALMACARA.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E54	E53
DBO ₅	60652,8	563,76
Grasas y aceites	177541,63	51,19
Fósforo total	76,64	20,71
Sólidos suspendidos	100621,44	200,88
DQO	145547,28	1356,91

Recomendaciones: La empresa debe implementar un protocolo de monitoreo de la carga microbiana fecal complementado con el mejoramiento del sistema de tratamiento. Esta sugerencia es resultado de los altos valores de coliformes (fecales y totales), que salen del sistema de tratamiento.

PALMAGRO S.A.

La empresa posee un sistema de lagunas de oxidación para el tratamiento de sus efluentes que se ubica en las coordenadas geográficas 9°39'17,1"N y 73°34'08,7"O (Figura 44). La empresa dispone de los efluentes del STAR, sobre la plantación para el aprovechamiento de nutrientes. Los resultados de la caracterización se consignan en la Tabla 30, los perfiles de la temperatura y el pH en las Figura 45 – 46; la carga de contaminantes es calculada en la Tabla 31.



Figura 44. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la empresa PALMAGRO.

El sistema de tratamiento de aguas residuales, no funciona de la manera esperada debido a que en la salida del mismo los contenidos de materia orgánica, sólidos y microorganismos aumentan los valores. En estos casos es recomendable hacer mantenimiento del sistema (limpieza completa de los filtros y lechos), para mejorar la retención de materia orgánica, que son causantes de los altos valores de DBO_5 , DQO y sólidos.

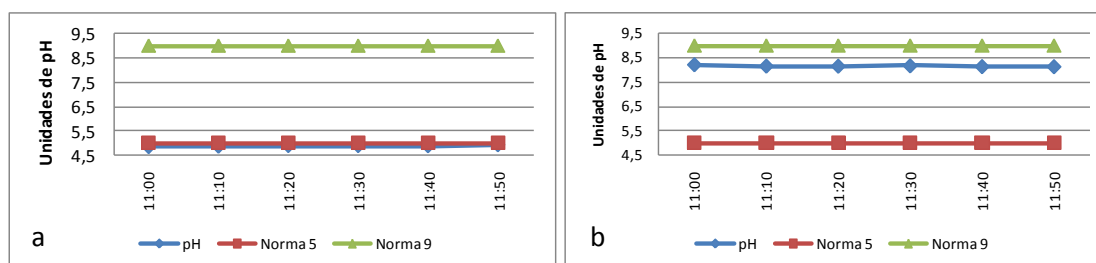


Figura 45. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

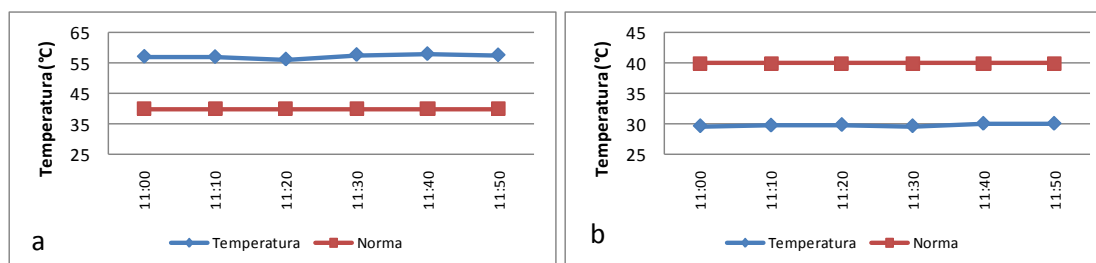


Figura 46. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.



Tabla 30. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa PALMAGRO.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E79)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E78)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0215	0,0144		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	4,87	8,16		El sistema funciona para disminuir el pH.
Temperatura (°C)	57,1	29,8		La temperatura de salida cumple con la norma.
DBO ₅ (mg/L)	12	525	-4275,0	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes. No existe remoción en concentración para el sistema.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	354	-3833,3	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	49,2	4,02	91,8	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia remoción del 91,8% de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	1,66	153,3	-9134,9	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. No existe remoción, pero si aumento en concentración para el sistema.
DQO(mg/L)	<25	1178,2	-4612,8	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema presenta un aumento significativo para este parámetro al final del mismo.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	200	17.000		La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	200	13.000		La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 31. Cálculo de la carga contaminante de la empresa PALMAGRO.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E79	E78
DBO ₅	19,008	529,2
Grasas y aceites	14,25	356,83
Fósforo total	77,93	4,0521
Sólidos suspendidos	2,62	154,52
DQO	39,6	1187,62

Recomendaciones: La empresa debe implementar un protocolo de mantenimiento del sistema y mejorar la retención de materia orgánica, para disminuir los altos valores de DBO, DQO y sólidos encontrados. El único parámetro que retiene es el fósforo, que debería ser aprovechado por las palmeras, si estos efluentes llegan a la plantación.



EMPRESAS DEL SECTOR DE SERVICIOS PÚBLICOS (ALCANTARILLADO).

Municipio de Valledupar.

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, está ubicada en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta a la margen del río Guatapurí, en las coordenadas geográficas 10° 29' N y 73° 15' O, tiene dos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales llamados Puente Salguero (Figura 47) y El Tarullal (Figura 49) ambos operados por la empresa de servicios públicos de Valledupar (EMDUPAR). En estos sistemas se tomaron muestras para a caracterización de los mismos aunque por una situación logística sólo se realizó el muestreo en la salida del STAR Salguero.

Sistema de tratamiento El Salguero.

Este sistema posee nueve lagunas de oxidación que le permite el procesamiento de una parte de las aguas residuales del municipio, en la Figura 48 se presentan los perfiles de los parámetros tomados en campo y en la Tabla 32 están consignados los resultados de los análisis realizados en el vertimiento, mientras que en la Tabla 33 está la caracterización del río Cesar antes y después de la descarga.



Figura 47. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Valledupar (Salguero).

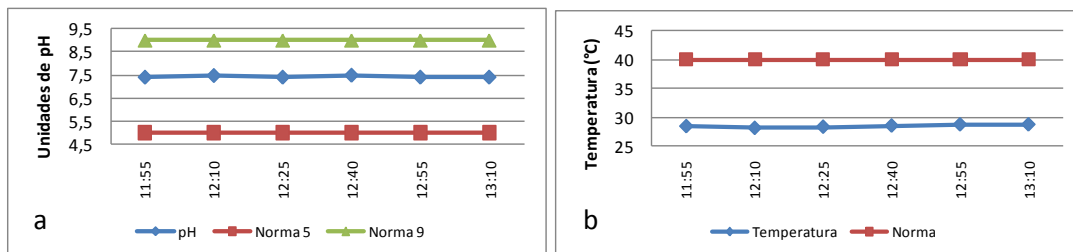


Figura 48. Perfiles del pH (a) y la temperatura (b) del agua en la salida del sistema de tratamiento en la empresa.



Tabla 32. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de Valledupar (EMDUPAR).

Parámetros	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E98)	Carga contaminante (Kg/día; E98)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,7		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.		
pH	7,41		Cumple con la norma de vertimientos (entre 5 y 9 unidades)
Temperatura (°C)	28,45		Cumple con la norma de vertimientos (menor de 40 °C)
DBO ₅ (mg/L)	120	6048,0	El sistema presenta una descarga considerable de materia orgánica.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	453,6	El valor del parámetro está por debajo del límite de detección. El cálculo de carga contaminante se realiza con el valor del límite.
Fósforo total (mg/L)	3,3	166,3	La salida de este efluente genera abundante espuma se visualiza sobre el río. La espuma se asocia con detergentes que llevan asociadas altas cargas de fósforo inorgánico.
Sólidos suspendidos (mg/L)	76,66	3863,7	La carga contaminante es apreciable en la descarga.
DQO(mg/L)	205,6	10362,2	La carga contaminante es apreciable en la descarga.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	160.000		Durante el día anterior al muestreo, las lluvias fueron intensas y el río Cesar alcanzó una cota alta, que permitió la dilución de los efluentes.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	160.000		

Tabla 33. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Rio Cesar antes vertimiento (E99)	Rio Cesar después vertimiento (E100)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	32,3	32,3	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	7,746	7,705	No hay cambios en el parámetro.
Temperatura (°C)	24,6	25,6	La temperatura aumenta un grado.
DBO ₅ (mg/L)	7,2	17,57	La concentración del parámetro después del vertimiento es mayor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Fósforo total (mg/L)	0,346	0,454	Se evidencia un incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento
Sólidos suspendidos (mg/L)	76	226	Se evidencia un incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento
DQO(mg/L)	<25	55,22	Se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro, después del vertimiento.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	7.000	5.400.000	Se evidencia un incremento de los C. totales después del vertimiento
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	7.000	2.400.000	Se evidencia un incremento de los C. fecales después del vertimiento

El vertimiento del sistema de tratamiento en Salguero, influye sobre los contenidos de materia orgánica que lleva el río Cesar como se observó en los resultados anteriores, lo que permite inferir un proceso deficiente en la retención de materia orgánica. A pesar del número de lagunas, es posible que la carga orgánica sea tan alta, que el sistema no alcanza a procesarla o posiblemente sea necesario un mantenimiento para reactivar los lodos y aumentar la eficiencia del sistema.

Sistema de tratamiento El Tarullal.

Este sistema cuenta con dos lagunas extensas de oxidación que le permite el procesamiento de las aguas residuales del municipio que no llegan hasta El Salguero (Figura 49), en la Figura 50 y 51 se presentan los perfiles de los parámetros tomados en campo y en la Tabla 34. están consignados los resultados de los análisis realizados a la entrada y a la salida del sistema, en la Tabla 35. está el



cálculo de la carga contaminante y la caracterización del río Cesar antes y después de la descarga en la Tabla 36.

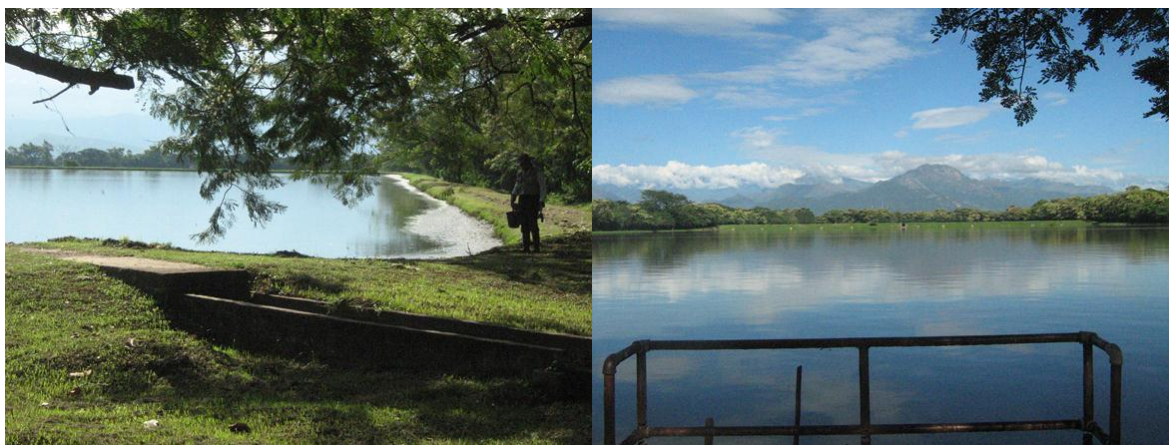


Figura 49. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Valledupar (El Tarullal).

Tabla 34. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de Valledupar (EMDUPAR).

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E101)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E102)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m^3/s)	0,56	0,49		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	9,678	7,474		El vertimiento cumple con la norma (entre 5 y 9).
Temperatura ($^{\circ}C$)	26,5	28		El vertimiento cumple con la norma (menor de 40 $^{\circ}C$).
DBO ₅ (mg/L)	186	49,5	73,4	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes. El sistema presenta un valor de remoción del 73,4 % sobre este parámetro.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	0,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. Como no hay ingreso de este parámetro, tampoco hay salida.
Fósforo total (mg/L)	1,73	1,125	35,0	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una reducción del 35% de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	124	34	72,6	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito si se usuario nuevo.
DQO (mg/L)	389,7	105	73,1	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema presenta remoción para este parámetro con disminución del 73,1 % a la salida del sistema
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	1.600.000	1.600.000	0,0	La carga microbiana de coliformes totales es igual a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	1.600.000	1.600.000	0,0	La carga microbiana de coliformes fecales es igual a la salida que a la entrada del sistema.

Los efluentes del STAR Tarullal, presentan retención del 73 % para la materia orgánica y cero para los microorganismos (coliformes), por lo que se sugiere mejorar el funcionamiento del sistema para aumentar la retención sobre estos dos parámetros o hacer un mantenimiento a todo el sistema, para que aumente su eficiencia.

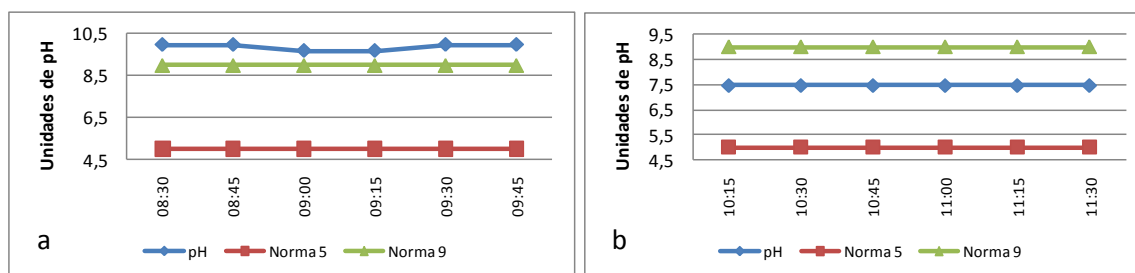


Figura 50. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

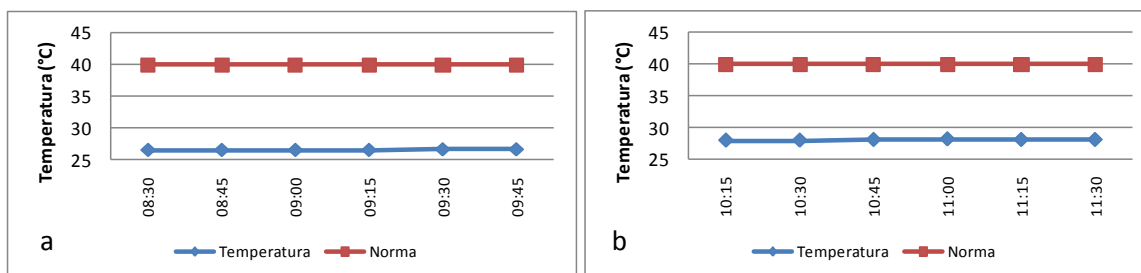


Figura 51. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 35. Cálculo de la carga contaminante de la empresa EMDUPAR.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E101	E102
DBO ₅	7499,52	1746,36
Grasas y aceites	362,88	317,52
Fósforo total	69,75	39,69
Sólidos suspendidos	4999,68	1199,52
DQO	15712,70	3704,4

Tabla 36. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Rio Guatapurí antes vertimiento (E103)	Rio Guatapurí después vertimiento (E104)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	19,2	19,2	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	7,662	8,025	El pH esta en el rango para aguas naturales.
Temperatura (°C)	22	22,9	La temperatura del agua es normal.
DBO ₅ (mg/L)	4,8	4,4	La concentración del parámetro después del vertimiento es menor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,062	0,102	Se evidencia un incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	19	78	Se evidencia un incremento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	4.900	54.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	2.200	24.000	Se evidencia aumento de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendaciones: Los sistemas de El Tarullal y de El Salguero, presentan deficiencias en la retención de materia orgánica y de microorganismos, por lo que se recomienda hacerlos ajustes necesarios (limpieza de las lagunas, aumento de los lechos de retención, etc.) para aumentar la



eficiencia de los dos sistemas. Se debe recordar que los dos sistemas hacen vertimientos sobre fuentes de aguas naturales, de importancia para el municipio de Valledupar.

Corregimiento Morrison.

Este corregimiento tiene implementada una pequeña estructura habilitada como sistema de tratamiento de aguas residuales (Figura 52), que está ubicado en las coordenadas geográficas 08°04'48,9'' N y 73°33'33,2'' O, donde se tomó una muestra puntual a la salida del sistema, ya que el volumen de agua fue escaso y el sistema no realizó una disminución de carga importante. Perteneció al municipio de Río de Oro al sur del departamento del Cesar. Los resultados pueden verse en la Tabla 37, junto con el cálculo de la carga contaminante.



Figura 52. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Morrison.

Los vertimientos de este corregimiento, llevan una importante carga de materia orgánica, sólidos y fósforo total, lo que evidencia poca eficiencia del sistema de tratamiento y que influye de manera negativa sobre los cuerpos de agua naturales que los reciben.

Tabla 37. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento y la carga de contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E23)	Carga contaminante (Kg/día; E23)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0017		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,75		Por debajo del valor para cuerpos de agua naturales.
pH	6,327		Dentro del rango para aguas naturales.
Temperatura (°C)	28,4		Dentro del rango para aguas naturales.
DBO ₅ (mg/L)	310	1785,6	El sistema presenta una descarga considerable de materia orgánica.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	51,84	El valor del parámetro está por debajo del límite de detección. El cálculo de carga contaminante se realiza con el valor del límite.
Fósforo total (mg/L)	15,9	91,58	La salida de este efluente genera abundante espuma que se visualiza sobre el río.
Sólidos suspendidos (mg/L)	105	604,8	La carga contaminante es apreciable en la descarga.
DQO(mg/L)	589,2	3393,79	La carga contaminante es apreciable en la descarga.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000		Las descargas de coliformes son altas.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	1.500.000		



Recomendaciones: El sistema no funciona para la retención de los contaminantes, es recomendable que se realice mantenimiento (limpieza completa) y mejoras al sistema (mejores filtros o lechos de grava), para proteger el cuerpo de agua receptor.

Municipio de Aguachica.

Aguachica posee dos sistemas para el tratamiento de aguas residuales uno ubicada en la parte sur del municipio y otro al norte (Figura 53 y Figura 61).



Figura 53. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Aguachica (sur).

Los resultados de los perfiles tomados en campo se observan en las Figura 54 a 56, mientras que los resultados de los análisis están en la Tabla 38.

El sistema sur presenta instalaciones e infraestructura de reciente construcción pero, adolece de personal que cuide el correcto funcionamiento de la misma. Su ubicación geográfica está en las coordenadas $08^{\circ}17'55,8''$ N y $73^{\circ}38'10,9''$ O. Las Tabla 38, 39 y 40 resumen la información de los análisis realizados en el sistema de tratamiento, cálculo de la carga contaminante y la caracterización del agua receptora, respectivamente. Este sistema aprovecha una caída fuerte del efluente para aumentar la concentración del oxígeno disuelto (Figura 57).

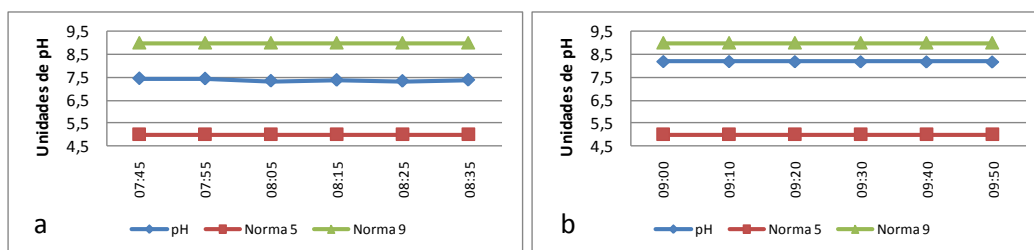


Figura 54. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

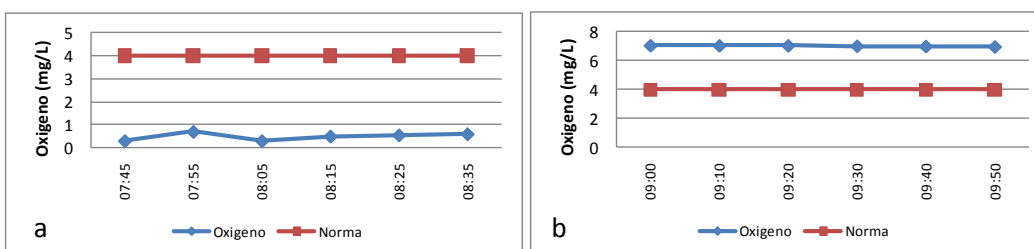


Figura 55. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

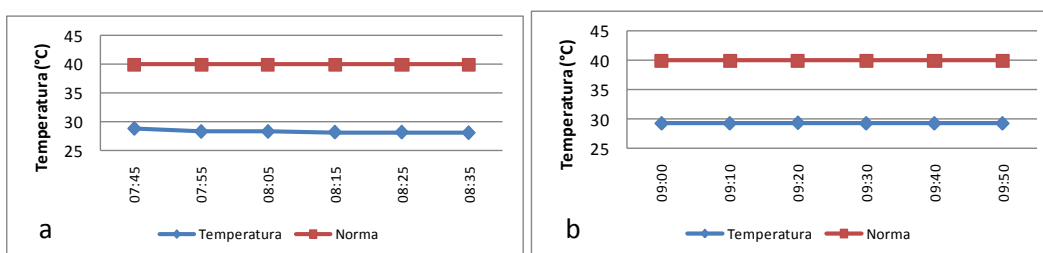


Figura 56. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.



Figura 57. Imágenes de la salida del sistema de tratamiento de aguas residuales en Aguachica (sur).



Tabla 38. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa de servicios públicos de Aguachica sur.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E33)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E34)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,081	0,071		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,5	6,97		Genera buena aireación en la salida.
pH	7,38	8,195		Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9).
Temperatura (°C)	28,5	29,3		Cumple con la norma de vertimiento (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	8,6	4,9	43,0	La norma dice remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito solo para usuario existente.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	0,0	La norma dice remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. No hay ingreso ni salida del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	4,375	3,36	23,2	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una disminución del 23,2 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	172	78	54,7	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito sólo en usuarios existentes.
DQO (mg/L)	<25	<25	0,0	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectan cambios en este parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	10.000.000	6.800	99,9	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	4.500.000	4.500	99,9	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 39. Cálculo de la carga contaminante de la empresa ESP Aguachica sur.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E33	E34
DBO ₅	50,21	25,15
Grasas y aceites	52,55	46,20
Fósforo total	25,54	17,24
Sólidos suspendidos	1004,34	400,42
DQO	145,98	128,34

Tabla 40. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada El Cristo antes vertimiento (E35)	Quebrada El Cristo después vertimiento (E36)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	1,215	1,215	
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,83	2,88	Para aguas naturales no cumple con la norma (mayor de 4).
pH	7,908	7,599	Cumple con la norma para aguas naturales (entre 4,5 y 9).
Temperatura (°C)	29,8	29,9	Los valores cumplen con la norma para aguas naturales (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	9,8	5,6	La concentración del parámetro después del vertimiento es menor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	2,25	1,49	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	68	78,9	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	49.000	59.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	14.000	14.000	No se evidencia cambio de los C. fecales después del vertimiento.



Recomendaciones: El sistema de tratamiento de aguas residuales del sur, presenta retención de contaminantes en proporciones que no parecen afectar el curso de agua natural, sin embargo es deseable que se mantenga vigilancia o supervisión sobre el funcionamiento del mismo, para evitar que se sobrepase la capacidad del mismo en cuanto a la capacidad de funcionamiento.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de “Jerusalén” presentó buenas instalaciones e infraestructura (Figura 61), no posee personal que esté atento al funcionamiento del mismo, en este caso se observó una familia que está viviendo dentro de la zona del sistema, por problemas de desplazamiento forzado des la tierras donde vivían. Su ubicación geográfica es 08°19'17,5''N y 73°38'15,7''O, en las Figura 58 a 59 se observan los perfiles de los parámetros medidos en campo.

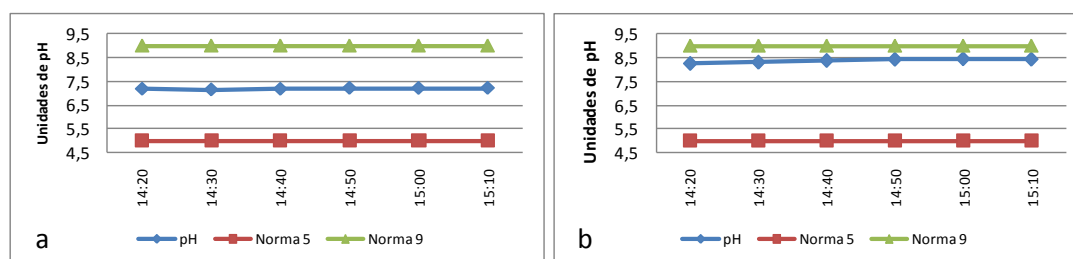


Figura 58. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

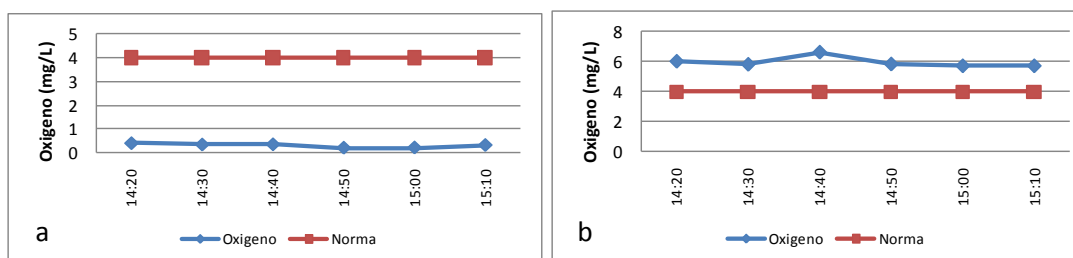


Figura 59. Perfiles del oxígeno disuelto en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

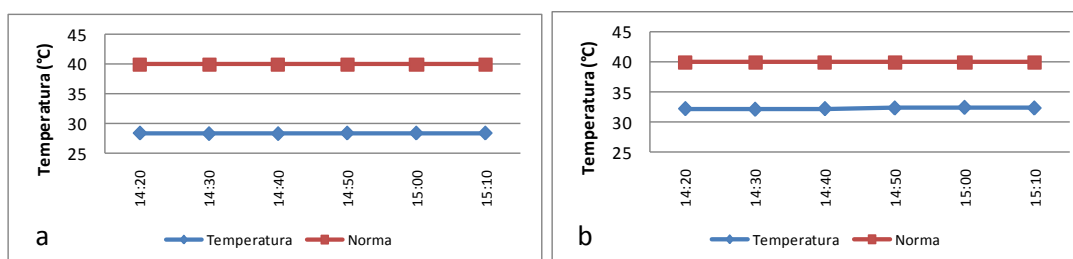


Figura 60. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.



Figura 61. Sistema de tratamiento de aguas residuales (Jerusalén).

El resultado de los análisis indica remoción de materia orgánica en un 45 %, no hay ingresos de grasa y aceites, la del fósforo total de 23%, los sólidos en suspensión de 54% y los coliformes se rebajaron casi en su totalidad (99,9%),

Tabla 41. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa de servicios públicos de Aguachica (Jerusalén).

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E37)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E38)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0005	0,190		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,5	6,97		El vertimiento cumple con la norma (mayor de 4).
pH	7,38	8,195		Cumple con la norma para vertimientos (entre 4,5 y 9).
Temperatura (°C)	28,5	29,3		Los valores cumplen con la norma para vertimientos (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	8,9	4,9	44,9	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito para usuario nuevo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	0,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. No hay GyA a la entrada ni en la salida.
Fósforo total (mg/L)	4,375	3,36	23,2	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia un aumento del 23,2 % de fósforo.
Sólidos suspendidos (mg/L)	172	78	54,7	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito para usuario existente.
DQO (mg/L)	<25	<25	0,0	La norma no establece remociones para estos compuestos, no hay ingreso o salida de este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	10.000.000	6.800	99,9	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	4.500.000	4.500	99,9	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 42. Cálculo de la carga contaminante de la empresa ESP Aguachica.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E33	E34
DBO ₅	51,26	36,28
Grasas y aceites	51,84	51,84
Fósforo total	17,59	18,11
Sólidos suspendidos	691,2	334,08
DQO	144	144



Tabla 43. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada El Pital antes vertimiento (E35)	Quebrada El Pital después vertimiento (E36)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	2,1	2,1	
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,47	5,43	El receptor no cambia el parámetro después del vertimiento.
pH	7,82	7,81	El receptor no cambia el parámetro después del vertimiento.
Temperatura (°C)	31,7	31,7	El receptor no cambia después del vertimiento.
DBO ₅ (mg/L)	4,5	3,9	La concentración del parámetro después del vertimiento es menor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,296	0,476	Se evidencia un aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	43	53	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	49.000	79.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	14.000	1.400	Se evidencia disminución de los C. fecales después del vertimiento

Recomendaciones: Este sistema presentó un funcionamiento eficiente para la retención de materia orgánica, por lo observado en la caracterización de la fuente receptora y en los valores de cambio en algunos de los parámetros. Probablemente el buen funcionamiento sea por la dilución que generó las lluvias en los días del muestreo, es indicador de lo que se puede obtener mediante un buen manejo del sistema; sin embargo en la retención de sólidos y fósforo total, existen deficiencias que se pueden mejorar. Se recomienda que se le haga seguimiento a los sistemas Sur y Jerusalén, para asegurar su correcto funcionamiento.

Municipio de Becerril.

Este municipio posee un sistema en fase de mejora (Figura 62). Debido a que el sistema no presenta ningún seguimiento o cuidado, se evidenció que los canales presentan deterioro. La ubicación geográfica esta en los 09°42'07,0"N y 73°18'08,8"O. Existen cuatro lagunas de las cuales dos están en mantenimiento, por lo que el sistema trabaja en precarias condiciones. Se tomó muestra en la salida del mismo y en la fuente receptora. Los resultados se presentan en las Tabla 44 y 45.



Figura 62. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Becerril.



Tabla 44. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema de tratamiento y la carga de contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales	Carga contaminante (Kg/día)
	E58	E58
Caudal (m ³ /s)	0,0640	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,735	
Temperatura (°C)	32,3	
DBO ₅ (mg/L)	78	359,42
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	41,47
Fósforo total (mg/L)	2,65	12,21
Sólidos suspendidos (mg/L)	86,66	399,32
DQO(mg/L)	204	940,03
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	580.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	580.000	

Los resultados de la caracterización del río Maracas, evidencian la poca efectividad del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Becerril, después del vertimiento el contenido de materia orgánica, fósforo total y de coliformes aumenta, lo que se traduce en afectación al curso de agua natural. La razón de la poca efectividad del sistema, para la remoción de materia orgánica está dada por las condiciones de las lagunas de oxidación que no presentaron mantenimiento o cuidados de las mismas; las maquinarias observadas en el sitio estaban socavando nuevos estanques (Figura 62).

Tabla 45. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Rio Maracas antes vertimiento (E59)	Rio Maracas después vertimiento (E57)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	43,63	44,22	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	8,029	8,24	El receptor aumenta el valor del parámetro después del vertimiento.
Temperatura (°C)	29,9	27,10	El receptor no cambia después del vertimiento.
DBO ₅ (mg/L)	9,42	18,75	La concentración del parámetro aumenta después del vertimiento.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,151	0,583	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	28	24	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento
DQO (mg/L)	<25,0	48,84	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	110.000	700.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	110.000	260.000	Se evidencia aumento de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendaciones: Debido al poco mantenimiento que tiene el sistema, se evidencian cambios de algunos parámetros en el agua del cuerpo receptor. Se recomienda establecer mejoras y mantenimiento del STAR, para aumentar la calidad del agua natural receptora de los vertimientos.

Corregimiento de Arjona.

Esta población pertenece al municipio de Astrea, posee un sistema de alcantarillado pero el sistema de tratamiento esta desconectado del mismo. Esto se deduce por las características del agua en las lagunas (Figura 63), que no presentaron movimiento de flujo. Las personas



entrevistadas incluso el corregidor no tienen claro cómo funciona el sistema, que se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 09°32'43,5''N y 73°54'33,4''O. Se tomó muestra en las lagunas y los resultados se presentan en la Tabla 46.

Los resultados encontrados son característicos de aguas estancadas (temperatura por encima de 32°C y coloración verdosa del agua), por lo que refuerza la tesis de no estar funcionando para el tratamiento de las aguas residuales.



Figura 63. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Arjona.

Tabla 46. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de Arjona.

Parámetros	Laguna de aguas residuales (E84)
Caudal (m ³ /s)	Sin flujo
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.
pH	8,12
Temperatura (°C)	34
DBO ₅ (mg/L)	87
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0
Fósforo total (mg/L)	5,12
Sólidos suspendidos (mg/L)	44
DQO (mg/L)	182,6
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	9.200.000
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	9.200.000

Recomendaciones: El sistema no está en funcionamiento, por lo que se recomienda que se hagan las reparaciones necesarias para aprovechar la infraestructura instalada y se protejan las fuentes naturales de agua.

Corregimiento Ayacucho

Esta población pertenece al municipio de La Gloria posee un sistema de alcantarillado pero el sistema de tratamiento está en proceso de construcción, las aguas observadas en las lagunas eran de lluvias (Figura 64). El vertimiento se realiza directamente sobre la quebrada Cuare, donde se tomó la muestra puntual, ubicada en las coordenadas geográficas 08°36'32,3'' N y 73°35'29,8''O. Los resultados se presentan en la Tabla 47.



Figura 64. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Ayacucho.

Tabla 47. Resultados de los análisis de las aguas vertidas por el corregimiento de Ayacucho.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E41)	Carga contaminante (Kg/día; E41)
Caudal (m ³ /s)	0,01500	
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,93	
pH	7,347	
Temperatura (°C)	27,8	
DBO ₅ (mg/L)	9,5	10,26
Grasas y aceites (mg/L)	12	12,96
Fósforo total (mg/L)	1,635	1,76
Sólidos suspendidos (mg/L)	122,5	132,3
DQO(mg/L)	26	28,08
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	36.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	17.000	

La caracterización del vertimiento es típica de comunidades pequeñas, por los contenidos de la DBO y coliformes, pero las descargas de grasas, fósforo total y sólidos en suspensión alcanzan valores significativos, que pueden generar afectación al medio natural que los recibe.

Recomendaciones: Es urgente que se termine la construcción del sistema de tratamiento para mejorar la calidad del vertimiento y proteger el cuerpo de agua receptor, aprovechando que el tamaño de la población permite tratar sus aguas de manera sencilla y eficiente.

Corregimiento Costilla.

Este corregimiento pertenece al municipio de Pelaya, posee un sistema de alcantarillado pero no utiliza el sistema de tratamiento (Figura 65), por daños en las tuberías que conducen hasta allí las aguas. Al parecer el vertimiento conducido directamente a la ciénaga Zapatosa, la estación de muestreo se ubicó en las coordenadas geográficas 08°44'09,4'' N y 73°43'58,4''O; los resultados se presentan en la Tabla 48. El análisis de la información obtenida, indica condiciones de aguas residuales típicas de una comunidad pequeña, los sólidos suspendidos son el parámetro con mayor concentración en el vertimiento.



Figura 65. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en Costilla.

Tabla 48. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E42)	Carga contaminante (Kg/día; E42)
Caudal (m ³ /s)	0,0064859	
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,29	
pH	6,533	
Temperatura (°C)	30,6	
DBO ₅ (mg/L)	8,6	3,96
Grasas y aceites (mg/L)	<9	4,14
Fósforo total (mg/L)	0,785	0,36
Sólidos suspendidos (mg/L)	156	71,88
DQO(mg/L)	26,3	12,11
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	40.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	22.000	

Recomendaciones: Mantener y utilizar el sistema de tratamiento de aguas residuales, para mejorar la calidad del cuerpo de agua receptor que tiene utilidad en usos como el pesquero y recreativo.

Corregimiento La Victoria de San Isidro.

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de La Jagua, el poblado cuenta con sistema de alcantarillado, no hay sistema de tratamiento de las aguas que se vierten directamente sobre la quebrada La Venita (Figura 66) en las coordenadas 09°35'42,3'' N y 73°14'43,9''O. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 49, incluye los cálculos de la carga contaminante; la caracterización de las aguas de la quebrada están consignados en la Tabla 50.



Figura 66. Sitio del vertimiento de aguas residuales en La Victoria.

Tabla 49. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E46)	Carga contaminante (Kg/día; E46)
Caudal (m ³ /s)	0,00973	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	7,36	
Temperatura (°C)	26,1	
DBO ₅ (mg/L)	66	46,23
Grasas y aceites (mg/L)	11	7,70
Fósforo total (mg/L)	1,71	1,19
Sólidos suspendidos (mg/L)	186	130,30
DQO(mg/L)	115,1	80,63
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	

Tabla 50. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada La Venita antes vertimiento (E47)	Quebrada La Venita después vertimiento (E48)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0225	0,027	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	7,771	7,786	El parámetro no cambia con el vertimiento.
Temperatura (°C)	26,5	26,4	El parámetro no cambia con el vertimiento.
DBO ₅ (mg/L)	4,2	4,2	La concentración del parámetro después del vertimiento no cambia.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,098	0,098	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Sólidos suspendidos (mg/L)	16	16	La concentración del parámetro después del vertimiento no cambia.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	92.000	92.000	La concentración del parámetro después del vertimiento no cambia.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	92.000	92.000	La concentración del parámetro después del vertimiento no cambia.

Recomendaciones: El vertimiento no parece afectar las condiciones naturales del agua receptora, pero se recomienda que se realicen gestiones para el tratamiento de las aguas residuales, de manera que se proteja la calidad y las condiciones del cuerpo receptor, sobre todo de las concentraciones de sólidos, DBO y DQO, según las metas planteadas por la corporación (Acuerdo 013 del 2008).



Corregimiento Boquerón

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de La Jagua, el poblado cuenta con sistema de alcantarillado, sin sistema de tratamiento que se vierte directamente sobre el caño El Pajuil, donde se tomaron las muestras en las coordenadas geográficas 09°36'53,5'' N y 73°25'41,8''O. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 51, incluye los cálculos de la carga contaminante; la caracterización de las aguas de la quebrada están en la Tabla 52.

Tabla 51. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E46)	Carga contaminante (Kg/día; E46)
Caudal	0,0027	
Oxígeno disuelto	N.D.	
pH	6,692	
Temperatura	29,9	
DBO ₅	16,2	3,14
Grasas y aceites	9,6	1,86
Fósforo total	0,426	0,082
Sólidos suspendidos	16,7	3,24
DQO	<25	4,86
Coliformes totales	16.000.000	
Coliformes fecales	16.000.000	

Aunque las concentraciones de los parámetros indican una población de tamaño pequeño, las concentraciones de los coliformes son altas y esta información deberá tenerse en cuenta para los planes de saneamiento del curso de agua natural en donde se hacen los vertimientos.

Tabla 52. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Caño Pajuil antes vertimiento (E51)	Caño Pajuil después vertimiento (E52)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,012	0,014	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	7,14	7,853	Aumenta el pH después del vertimiento, pero dentro del rango natural.
Temperatura (°C)	26,8	27,1	Aumento después del vertimiento, pero dentro del rango natural.
DBO ₅ (mg/L)	11,57	14,4	La concentración del parámetro aumenta después del vertimiento.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	10,4	La concentración del parámetro aumenta después del vertimiento.
Fósforo total (mg/L)	0,114	0,152	La concentración del parámetro aumenta después del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	45	65	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	38,34	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Coliformes totales (NMP/100 mL)	600.000	3.500.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	20.000	3.500.000	Se evidencia aumento de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendaciones: La influencia de las descargas del agua servida del corregimiento, es aun pequeña sobre la fuente agua natural, se recomienda que las aguas residuales sean tratadas para mejorar y proteger las condiciones medio natural acuático, en el caño El Pajuil.



Corregimiento La Palmita

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de La Jagua, el poblado cuenta con sistema de alcantarillado sin sistema de tratamiento que se vierte directamente sobre el caño Makencal en las coordenadas geográficas 09°30'03,7'' N y 73°25'27,5''O (Figura 67). Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 53, incluye los cálculos de la carga contaminante; la caracterización de las aguas del no se pudo realizar debido a que el caño pasa por los predios de la finca Makencal que está en disputa jurídica y el acceso es restringido.



Figura 67. Sitio donde corre el vertimiento del corregimiento La Palmita.

Los resultados de los análisis indican condiciones de aguas residuales típicas de poblaciones pequeñas, que sólo generan materia orgánica que es tratada mediante microorganismos.

Tabla 53. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E45)	Carga contaminante (Kg/día; E45)
Caudal (m ³ /s)	0,0015	
Oxígeno disuelto (mg/L)		
pH	6,874	
Temperatura (°C)	30,4	
DBO ₅ (mg/L)	10,2	1,1016
Grasas y aceites (mg/L)	<9	0,972
Fósforo total (mg/L)	0,334	0,036072
Sólidos suspendidos (mg/L)	9	0,972
DQO (mg/L)	<25	2,7
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	

Recomendaciones: Se recomienda que se tengan planes en el futuro, para la construcción del sistema de tratamiento que mejore las condiciones ambientales de la zona (tanto las del corregimiento en su parte habitable, como la natural).

Corregimiento de Antequera

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de Tamalameque, el poblado cuenta con sistema de alcantarillado, el sistema de tratamiento está en construcción y las aguas se vierten directamente sobre la ciénaga de San Marcos. Las muestras se tomaron al final del sistema de alcantarillado en las coordenadas geográficas 08°54'56,4'' N y 73°46'50,5''O (Figura 68); los resultados del análisis se presentan en la Tabla 54, incluye los cálculos de la carga contaminante.



Figura 68. Instalaciones del sistema de tratamiento y sitio del vertimiento de aguas residuales en Antequera.

Los resultados son típicos para aguas residuales en comunidades pequeñas, que empiezan un proceso de crecimiento (por la presencia de grasas, sólidos y los coliformes). Esta situación supone en el futuro un aumento en la descarga de contaminantes que puede alterar la calidad natural de la ciénaga en donde ingresan los vertimientos.

Tabla 54. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E45)	Carga contaminante (Kg/día; E45)
Caudal (m ³ /s)	0,0120	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	6,48	
Temperatura (°C)	29,3	
DBO ₅ (mg/L)	14,5	12,52
Grasas y aceites (mg/L)	13,1	11,31
Fósforo total (mg/L)	0,196	0,169
Sólidos suspendidos (mg/L)	68	58,75
DQO (mg/L)	<25	21,6
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	92.000.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	35.000.000	

Recomendaciones: Se recomienda que el sistema de tratamiento de las aguas residuales, sea puesto en funcionamiento en el menor tiempo posible, para garantizar y mejorar las condiciones ambientales del cuerpo de agua receptor.



Corregimiento Cuatro Vientos

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de El Paso, el poblado cuenta con sistema de alcantarillado, el sistema de tratamiento está terminado pero sin mantenimiento (Figura 69). Los resultados del análisis tomados en la entrada y salida del sistema se presentan en la Tabla 55 y los cálculos de la carga contaminante en la Tabla 56.



Figura 69. Instalaciones del sistema de tratamiento y sitio del vertimiento de aguas residuales en Cuatro Vientos.

La caracterización del vertimiento indica la pobre función del sistema de tratamiento, por el aumento de la mayoría de los parámetros de la caracterización, a la salida del mismo. Es interesante el valor de grasas y aceites, que se obtuvo (menor del límite de detección; 9 mg/L), por ser esta localidad paradero de todo tipo de vehículo para el llenado de combustibles y arreglos mecánicos. Es probable que los residuos de aceites se dispongan directamente sobre el terreno a los lados de la vía asfaltada, para evitar que se levante la tierra.

Tabla 55. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de Cuatro Vientos.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E83)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E82)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0075	0,0075		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	7,553	9,34		
Temperatura (°C)	30,1	33		
DBO ₅ (mg/L)	21	52,5	-150,0	La norma establece remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. No hay remoción en concentración para el sistema y no cumple con el requisito.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	0,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. No hay ingreso ni salida del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	1,136	1,635	-43,9	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia aumento del fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	21,66	28	-29,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. No hay remoción en concentración del sistema y no cumple con el requisito.
DQO (mg/L)	47,55	104,3	-150,0	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero el sistema no remueve concentración de este parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	49.000	16.000.000	-	La carga microbiana de C. totales es mayor a la salida del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	49.000	16.000.000	-	La carga microbiana de C. fecales es mayor a la salida del sistema.



Tabla 56. Cálculo de la carga contaminante de Cuatro Vientos.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E15	E16
DBO ₅	11,34	28,35
Grasas y aceites	4,86	4,86
Fósforo total	0,61344	0,8829
Sólidos suspendidos	11,6964	15,12
DQO	25,677	56,322
Coliformes totales	26460	8640000
Coliformes fecales	26460	8640000

Recomendaciones: Se recomienda hacer un seguimiento a los expendios de combustible que funcionan en esta población, ya que los residuos de cambios de aceites y del combustible que venden pueden ser vertidos en diferentes partes del corregimiento, lo que puede generar peligro potencial a la población en caso de un mal manejo.

Corregimiento de Chimila.

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de El Copey, en el poblado existe sistema de alcantarillado y el sistema de tratamiento es una laguna de oxidación que no tiene mantenimiento (Figura 70). Los resultados del análisis realizados en muestras tomadas a la salida del sistema se presentan en la Tabla 57, incluye los cálculos de la carga contaminante. La caracterización del vertimiento mostró que las concentraciones de los parámetros están por encima de lo normal para un poblado pequeño, pero es probable que el pobre mantenimiento sea el generador de esta situación.



Figura 70. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en Chimila.

Tabla 57. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E49)	Carga contaminante (Kg/día; E49)
Caudal (m ³ /s)	0,0012	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	7,78	
Temperatura (°C)	27,8	
DBO ₅ (mg/L)	28	2,41
Grasas y aceites (mg/L)	16	1,38
Fósforo total (mg/L)	1,07	0,0924
Sólidos suspendidos (mg/L)	57	4,92
DQO (mg/L)	86	7,43
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	9.200.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	9.200.000	



Recomendaciones: Se recomienda el mantenimiento y mejoras del sistema de tratamiento de las aguas residuales, para aumentar la eficiencia de la retención de contaminantes y mejorar la condición natural del agua receptora de los vertimientos.

Corregimiento San José de Oriente

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de La Paz, cuenta con sistema de alcantarillado y el sistema de tratamiento está conformado por una laguna de oxidación que no presenta mantenimiento (Figura 71). Los resultados de análisis realizados en muestras tomadas a la entrada y la salida del sistema se presentan en la Tabla 58, los cálculos de la carga contaminante están en la Tabla 59 y la caracterización del cuerpo de agua receptor en la Tabla 60.



Figura 71. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en San José de Oriente.

Tabla 58. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de San José de Oriente.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E91)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E90)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,003	0,003		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	7,863	7,55		Cambia el pH dentro de los rangos normales de vertimiento (5 a 9).
Temperatura (°C)	22	24,8		Aumento de casi tres grados, pero dentro del rango normal.
DBO ₅ (mg/L)	12	32	-166,7	El sistema no presenta remoción de este parámetro, el valor negativo debe interpretarse como aumento del 166 % a la salida del sistema respecto a la entrada. no cumple con la norma.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	51	-466,7	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema no cumple con la norma.
Fósforo total (mg/L)	0,115	2,1	-1726,1	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia aumento del parámetro.
Sólidos suspendidos (mg/L)	1,66	106	-6285,5	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito en cualquiera de los tipos de usuario.
DQO (mg/L)	<25	218,4	-773,6	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema no presenta remoción para este parámetro con aumento del 773,6 % a la salida del sistema
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	330	16.000.000		La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	220	16.000.000		La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.



El sistema de tratamiento no está funcionando, se aprecia en el aumento de la mayoría de los parámetros de evaluación medidos y por la manera como la vegetación ha invadido la laguna de tratamiento a donde llegan las aguas servidas. Sistema requiere de un mantenimiento total y adecuación de los flujos para aumentar la retención de los contaminantes.

Tabla 59. Cálculo de la carga contaminante de los efluentes.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E91	E90
DBO ₅	2,59	6,91
Grasas y aceites	1,94	11,01
Fósforo total	0,024	0,45
Sólidos suspendidos	0,35	22,89
DQO	5,4	47,17

Tabla 60. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Caño Salado antes vertimiento (E92)	Caño Salado después vertimiento (E93)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0085	0,0085	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	8,55	8,39	
Temperatura (°C)	22,6	23	
DBO ₅ (mg/L)	6,3	6,9	La concentración del parámetro después del vertimiento aumenta ligeramente comparada con la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,085	0,054	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	32	43,33	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	<25	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	79.000	350	Se evidencia disminución de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	33.000	320	Se evidencia una disminución de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendaciones: Se recomienda el mantenimiento del sistema y mejoras para su sostenibilidad en la retención de la carga orgánica y otros parámetros contaminantes. En la actualidad el sistema es solo un estanque lleno de malezas y sedimentos.

Corregimiento Líbano

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de San Alberto, cuenta con alcantarillado sin sistema de tratamiento. Los resultados de análisis realizados en muestras tomadas a la salida del alcantarillado se presentan en la Tabla 61, que incluye los cálculos de la carga contaminante.



El análisis de la información tomada, indica que el tamaño de la población es mediano y que los posibles efectos sobre los cuerpos de agua naturales, pueden ser significativos si no se toman correctivos en el mediano plazo y se continúa con las descargas al ritmo actual.

Tabla 61. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E17)	Carga contaminante (Kg/día; E17)
Caudal (m ³ /s)	0,0091	
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,7	
pH	6,88	
Temperatura (°C)	26,6	
DBO ₅ (mg/L)	82,5	54,05
Grasas y aceites (mg/L)	24,5	16,05
Fósforo total (mg/L)	4,56	2,98
Sólidos suspendidos (mg/L)	42,5	27,84
DQO (mg/L)	171,8	112,56
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	350.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	130.000	

Recomendaciones: Se recomienda la implementación del sistema de tratamiento para las aguas residuales, para proteger las fuentes naturales de agua.

Corregimiento La Loma

El corregimiento pertenece al área administrativa del municipio de El Paso, cuenta con sistema de alcantarillado y sistema de tratamiento sin mantenimiento (Figura 72), ubicado en las coordenadas geográficas 09°36'15,8"N y 73°36'17,1"O. Los resultados de análisis realizados en muestras tomadas a la salida del alcantarillado se presentan en la Tabla 62, que incluye los cálculos de la carga contaminante.



Figura 72. Instalaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales en La Loma.

El análisis de los resultados indica que son característicos de población de tamaño mediano, que posee un sistema de comercio en crecimiento debido a la presencia de las empresas que explotan el carbón mineral y que requieren de personal que llega desde todo el país; los efectos de los vertimientos sobre cuerpos de agua naturales pueden ser aumentados si no se toman medidas de



mitigación adecuadas. Las concentraciones de la DBO y DQO son altas, cuando se comparan con otros corregimientos del departamento del Cesar.

Tabla 62. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del alcantarillado y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E77)	Carga contaminante (Kg/día; E77)
Caudal (m ³ /s)	0,0088	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	7,522	
Temperatura (°C)	29	
DBO ₅ (mg/L)	30	19,008
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	57,02
Fósforo total (mg/L)	1,038	0,657
Sólidos suspendidos (mg/L)	25,71	16,28
DQO (mg/L)	52,15	33,04
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	220.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	130.000	

Recomendaciones: Se recomienda el mantenimiento y la implementación de mejoras al sistema de tratamiento para las aguas residuales, para aumentar la retención de carga contaminante y proteger las fuentes de agua naturales.



EMPRESAS DEL SECTOR DE MINAS E HIDROCARBUROS

ECOPETROL: Pozo Tisquirama.

El pozo está ubicado en el municipio de San Martín al sur del departamento del Cesar, en el momento de la visita no estaba en funcionamiento, pero todos los efluentes los hacen pasar por un sistema de tratamiento compacto que hace vertimientos a una acequia (Figura 73). La muestra se tomó en la tubería que llega a la acequia ubicada en las coordenadas geográficas 08°02'12,2'' N y 73°35'34,4'' O (Figura 73), los resultados están consignados en la Tabla 63.



Figura 73. Instalaciones de la estación y del vertimiento de aguas residuales.

Tabla 63. Resultados de los análisis de las aguas a la salida de la estación y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E22)	Carga contaminante (Kg/día; E22)
Caudal (m ³ /s)	0,0026	
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,63	
pH	7,634	
Temperatura (°C)	29,2	
DBO ₅ (mg/L)	186	160,70
Grasas y aceites (mg/L)	<9	7,77
Fósforo total (mg/L)	4,765	4,11
Sólidos suspendidos (mg/L)	25,71	22,21
DQO (mg/L)	351,3	303,52
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	4.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	2.000	

El vertimiento posee características que permiten conocer la presencia de materia orgánica en concentración alta (los valores de DBO y DQO) y de fósforo total, probablemente por el uso de detergentes, que pueden influir sobre la calidad del agua en el cuerpo receptor.

Recomendaciones: Por el valor de la DBO y DQO, es claro que la retención de materia orgánica no se realiza de manera correcta, por lo que es necesario mejorar el sistema de tratamiento que tiene la planta en la actualidad.



ECOPETROL Planta de Ayacucho.

La planta está ubicada cerca al corregimiento del mismo nombre, en jurisdicción del municipio de La Gloria. La planta posee un sistema de tratamiento ubicado en las coordenadas geográficas 08°36'08,8'' N y 73°36'49,4'' O (Figura 74), donde fueron tomadas las muestras a la entrada y en la salida. Los resultados se presentan en la Tabla 64.



Figura 74. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en la Planta Ayacucho (ECOPETROL).

Tabla 64. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la Planta Ayacucho.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E43)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E44)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0262	0,040		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,1	N.D.		
pH	7,149	7,117		No hay cambios en el parámetro.
Temperatura (°C)	29	28,5		Poca variación en el parámetro.
DBO ₅ (mg/L)	198	10,5	94,7	El sistema presenta remoción de este parámetro en 94,7 % a la salida del sistema respecto a la entrada.
Grasas y aceites (mg/L)	156,6	<9	94,3	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	3,454	0,288	91,7	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una reducción del 91,7 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	55	12	78,2	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito para usuario existente.
DQO (mg/L)	406,6	<25	93,9	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema presenta remoción para este parámetro del 93,9 % a la salida del sistema.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	160.000.000	-900,0	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	160.000.000	-900,0	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.



Tabla 65. Cálculo de la carga contaminante, en la entrada y salida del sistema.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E43	E44
DBO5	373,50	30,24
Grasas y aceites	295,41	25,92
Fósforo total	6,51	0,82
Sólidos suspendidos	103,75	34,56
DQO	767,01	72

Los resultados indican que el sistema de tratamiento presenta un buen funcionamiento, con posibilidades de mejorarse, para disminuir las poblaciones de microorganismos que actualmente salen en el vertimiento final.

Recomendaciones: El sistema aprovecha las lluvias para generar dilución sobre los vertimientos, este principio de funcionamiento se puede aplicar en el caso de los coliformes.

ORICA Colombia.

La empresa se ubica en el complejo carbonero de La Jagua, donde presta servicios a las empresas que extraen carbón, las coordenadas geográficas del sistema de tratamiento son 09°35'11,4"N y 73°17'54,8"O (Figura 75), donde se tomaron muestras antes y después del sistema. Los resultados se presentan en la Tabla 66.



Figura 75. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en ORICA.

Los resultados evidencian retención de concentración para la mayoría de los parámetros medidos, excepto para el fósforo total y los coliformes, lo que puede no ser problema por la disposición final del agua, que es un corriente de agua que sale a la mina.



Tabla 66. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento en ORICA.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E63)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E62)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,005	0,005		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	7,915	7,331		El valor del parámetro cumple con la norma de vertimiento.
Temperatura (°C)	27,3	29		El valor del parámetro cumple con la norma de vertimiento.
DBO ₅ (mg/L)	1800	48	97,3	El sistema presenta remoción de este parámetro en valor de 97,3 % a la salida del sistema respecto a la entrada.
Grasas y aceites (mg/L)	35572	<9,0	100,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	0,825	2,985	-261,8	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia aumento del 261,8 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	2496	388	84,5	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito para todo usuario.
DQO (mg/L)	4119,5	90,51	97,8	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema presenta remoción para este parámetro del 97,8 % a la salida del sistema.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	35.000.000	92.000.000	-162,9	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	35.000.000	92.000.000	-162,9	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida del sistema.

Recomendaciones: Por los valores de retención, se puede inferir que el funcionamiento del sistema es eficiente en la retención de grasas y materia orgánica, pero es posible mejorarlo para que los parámetros del fósforo total, sólidos y de los coliformes puedan disminuir de los efluentes, mediante filtros vivos o de gravas.

DRUMMOND

La empresa posee varios sitios de vertimientos (Figura 76), en los que se tomaron muestras puntuales para la caracterización.



Figura 76. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en DRUMMOND.

La poza 7 se ubica en las coordenadas geográficas 09°33'11,3''N y 73°30'49,4''O y la caracterización indica concentraciones de materia orgánica cercanas a las de una fuente de agua natural, con uso doméstico (DBO y DQO mayores a la de los ríos de agua limpia).



Tabla 67. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

DRUMMOND Poza 7		
Parámetros	Salida de aguas residuales (E72)	Carga contaminante (Kg/día; E72)
Caudal (m ³ /s)	0,02635	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,153	
Temperatura (°C)	30,8	
DBO ₅ (mg/L)	10,71	20,280
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	17,04
Fósforo total (mg/L)	0,081	0,153
Sólidos suspendidos (mg/L)	16	30,29
DQO (mg/L)	27,6	52,26
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	400	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	400	

La poza 1A se ubica en las coordenadas geográficas 09°36'28,0''N y 73°31'28,5''O y los resultados de los análisis realizados a las muestras tomadas, se presentan en la Tabla 68. Esos resultados, son similares a los del vertimiento anterior, incluso las concentraciones de materia orgánica son menores, similares a un cuerpo de agua natural (río de aguas limpias).

Tabla 68. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

DRUMMOND Poza 1A		
Parámetros	Salida de aguas residuales (E73)	Carga contaminante (Kg/día; E73)
Caudal (m ³ /s)	1,8674	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,211	
Temperatura (°C)	31,3	
DBO ₅ (mg/L)	10	1344,52
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	1210,075
Fósforo total (mg/L)	0,178	23,93
Sólidos suspendidos (mg/L)	62	8336,07
DQO (mg/L)	<25	3361,32
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	680	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	680	

La piscina 5 se ubica en las coordenadas 09°33'01,7''N y 73°28'07,5''O, donde se tomó una muestra de agua para la caracterización. Los resultados del análisis están incluidos en la Tabla 69. Los resultados mostraron condiciones de aguas limpias, que indican buena calidad.

El vertimiento en la zona del Descanso, se ubica en las coordenadas geográficas 09°43'03,6''N y 73°35'02,1''O, donde la caracterización indicó aguas con bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 70), con bajo contenido de materia orgánica y de sólidos en suspensión.



Tabla 69. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

DRUMMOND Piscina 5		
Parámetros	Salida de aguas residuales (E74)	Carga contaminante (Kg/día; E74)
Caudal (m ³ /s)	0,033	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,192	
Temperatura (°C)	31,3	
DBO ₅ (mg/L)	7,5	6,48
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	7,77
Fósforo total (mg/L)	0,057	0,049
Sólidos suspendidos (mg/L)	<1,6	1,38
DQO (mg/L)	<25	21,6
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	1.100	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	1.100	

Tabla 70. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

DRUMMOND El descanso		
Parámetros	Salida de aguas residuales (E75)	Carga contaminante (Kg/día; E75)
Caudal (m ³ /s)	1,7876	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,029	
Temperatura (°C)	31,6	
DBO ₅ (mg/L)	7,2	926,69
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	12355,89
Fósforo total (mg/L)	0,125	16,08
Sólidos suspendidos (mg/L)	15	1930,60
DQO (mg/L)	<25	3217,68
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	1.400	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	1.100	

La poza 4 se ubica en las coordenadas geográficas 09°33'34,6''N y 73°34'49,7''O, cuyo vertimiento se caracterizó y los resultados se presentan en la Tabla 71. Los resultados indican condiciones de aguas relativamente limpias, con aumento en la presencia de coliformes.

Tabla 71. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

DRUMMOND Poza 4		
Parámetros	Salida de aguas residuales (E76)	Carga contaminante (Kg/día; E76)
Caudal (m ³ /s)	1,5323	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,258	
Temperatura (°C)	30,2	
DBO ₅ (mg/L)	12	10,36
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	7,77
Fósforo total (mg/L)	0,115	0,099
Sólidos suspendidos (mg/L)	1,66	1,43
DQO (mg/L)	<25	21,6
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	13.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	4.900	

Los vertimientos ubicados en la mina de carbón de Drummond, poseen características de aguas limpias que pueden ser usadas en diferentes actividades de la misma mina (lavado, riego, etc.). En la mina es utilizada para regar, pero es vertida cuando se tiene exceso que fue el caso por las abundantes lluvias de la temporada invernal del año 2011.

Recomendaciones: Las aguas de vertimiento de la mina, pueden ayudar en los procesos de recuperación de bosques y otros sistemas alrededor de los sitios de excavación.



VALE COAL Colombia.

Posee dos sistemas de sedimentación (lagunas), aunque una de ellas no presenta flujos de agua por estar colmatados los canales (Figura 77). Se tomaron muestras en el sistema ubicado en las coordenadas 09°37'09,2''N y 73°36'28,9''O, con resultados que se presentan en la Tabla 72. Los perfiles de las mediciones realizadas en campo están en las Figura 78 y 79. El análisis químico indicó que el sistema posee retención de fósforo total, sólidos en suspensión y de coliformes, aunque los porcentajes son relativamente bajos. Por otro lado, los contenidos de materia orgánica aumentan a la salida del sistema; esto parece estar influido por la presencia de vegetación en las lagunas de sedimentación, las cuales absorben nutrientes y generan hojarasca que influye en los contenidos de materia orgánica. La baja concentración de microorganismos, parece estar influida por las precipitaciones ocurridas en los días del muestreo (mediados de noviembre en el 2011), en toda la zona.



Figura 77. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en VALE COAL.

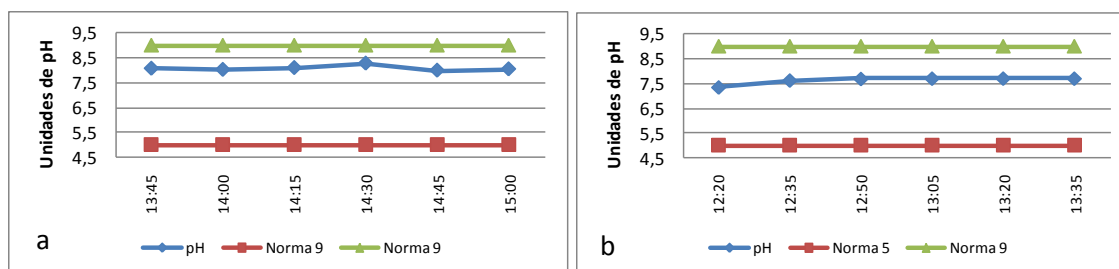


Figura 78. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

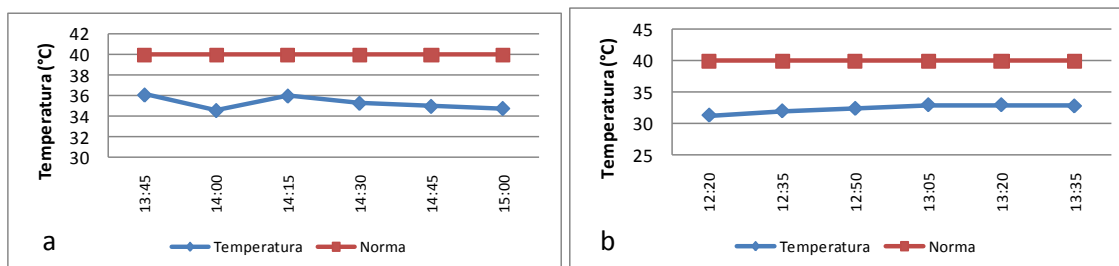


Figura 79. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.



Tabla 72. Resultados de los análisis de las aguas del sistema de tratamiento en Vale Coal.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E60)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E61)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0088	0,0432		
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.		
pH	8,02	7,7		La salida del sistema presenta pH normales.
Temperatura (°C)	35,3	32,5		El parámetro está dentro del rango normal.
DBO ₅ (mg/L)	14	20,25	-44,6	El sistema no presenta remoción de este parámetro el valor negativo debe interpretarse como un aumento del 44,6 % a la salida del sistema respecto a la entrada.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	0,0	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes.
Fósforo total (mg/L)	0,402	0,269	33,1	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una reducción del 33,1 % de fósforo total.
Sólidos suspendidos (mg/L)	260	256	1,5	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
DQO (mg/L)	27,6	55,22	-100,1	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema no presenta remoción para este parámetro con un aumento del 100,1 % a la salida del sistema.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	54.000.000	93.000	99,8	La carga microbiana de coliformes totales es menor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	24.000.000	93.000	99,6	La carga microbiana de coliformes fecales es menor a la salida que a la entrada del sistema.

Recomendaciones: La laguna de sedimentación está exportando materia orgánica a las fuentes de agua naturales, por lo que se requiere mejoras en el sistema, para aumentar la retención de este parámetro.

NORCARBON

Esta empresa carbonera posee un vertimiento ubicado en las coordenadas geográficas 09°33'22,1''N y 73°16'20,7''O (Figura 80), donde se realizó la toma de muestra para la caracterización. Los resultados están en la Tabla 73, que indican aguas bajas en materia orgánica pero con altas concentraciones de microorganismos.



Figura 80. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en NORCARBON.



Las condiciones del agua vertida por la empresa, indicaron condiciones de aguas con bajas cargas de materia orgánica pero con la presencia de coliformes.

Tabla 73. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E71)	Carga contaminante (Kg/día; E71)
Caudal (m ³ /s)	0,0870	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	8,245	
Temperatura (°C)	27,8	
DBO ₅ (mg/L)	12	75,16
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	56,37
Fósforo total (mg/L)	0,115	0,720
Sólidos suspendidos (mg/L)	1,66	10,39
DQO (mg/L)	<25	156,6
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	170.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	130.000	

Recomendaciones: La reutilización del agua en actividades de riego o lavado (posterior tratamiento para disminuir cargas de contaminantes), pueden contribuir para disminuir los coliformes fecales.

Carbones de La Jagua (CDJ)

Esta empresa tiene un sistema de bombas que extraen agua desde los fosos de extracción del carbón y luego vierten esas aguas en corrientes de agua naturales (Figura 81). Los perfiles de los parámetros medidos en campo se presentan en la Figura 82, que mostro el pH cercano al valor de 9, que es el máximo permitido en la legislación colombiana.



Figura 81. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en CDJ.

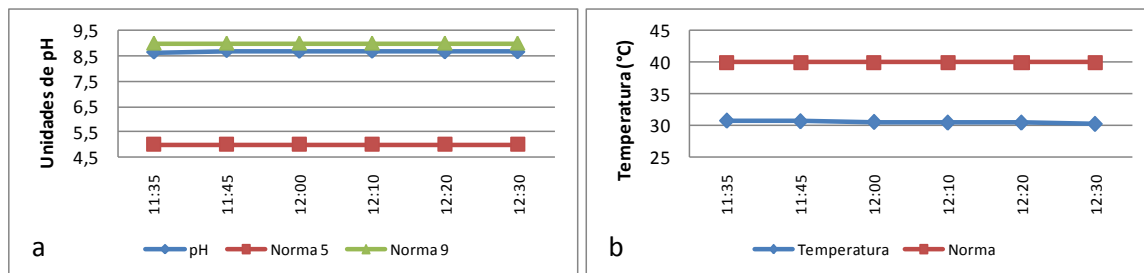


Figura 82. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.



El vertimiento tiene características de agua en reservorio por los bajos valores de materia orgánica y concentraciones altas de coliformes, al llegar al caño Canime generan un efecto de dilución sobre las concentraciones naturales que lo caracterizan, con excepción de los coliformes. Las aguas estancadas presentan estas condiciones al estar sometidas a la radiación solar, donde se generan procesos de fotosíntesis que permiten la degradación de la materia orgánica y consumo de los iones inorgánicos nutritivos que utilizan las microalgas (coloración verde del agua).

Tabla 74. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E65)	Carga contaminante (Kg/día; E65)
Caudal (m ³ /s)	0,1016	
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,1	
pH	8,742	
Temperatura (°C)	30,7	
DBO ₅ (mg/L)	9,6	208,46
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	195,43
Fósforo total (mg/L)	0,069	1,49
Sólidos suspendidos (mg/L)	<1,6	34,74
DQO (mg/L)	<25,0	542,88
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	49.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	17.000	

Tabla 75. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Caño Canime antes vertimiento (E64)	Caño Canime después vertimiento (E66)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,238	0,308	
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,2	4,3	
pH	7,05	8,582	Aumento del pH después del vertimiento, pero dentro de los rangos naturales.
Temperatura (°C)	28,5	30,7	Aumento de la temperatura del agua, pero dentro del rango natural.
DBO ₅ (mg/L)	15,42	14	La concentración del parámetro después del vertimiento es menor que la concentración antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,257	0,181	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	8,66	53,33	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25,0	<25,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	600.000	4.800.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	600.000	4.800.000	Se evidencia aumento de los C. fecales después del vertimiento.

Recomendaciones: La utilización de vegetación de humedales, puede ayudar en la disminución de las concentraciones de coliformes, igualmente esta agua puede ayudar en la conservación de sistemas naturales, mediante el riego.



Empresas de otros sectores.

Instituto penitenciario y carcelario de Valledupar (INPEC-EPAMSCASVAL).

El instituto penitenciario posee un sistema de tratamiento de aguas residuales (Figura 82), ubicado en las coordenadas geográficas 10°27'02,8''N y 73°18'38,3''O a la salida del cual se tomó una muestra para la caracterización, así como en el cuerpo de agua receptor. Los resultados se presentan en las Tabla 76 y 77.



Figura 83. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en El INPEC.

Tabla 76. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida de aguas residuales (E94)	Carga contaminante (Kg/día; E94)
Caudal (m ³ /s)	0,00486	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	
pH	7,43	
Temperatura (°C)	28,6	
DBO ₅ (mg/L)	222	78,32
Grasas y aceites (mg/L)	10,2	3,59
Fósforo total (mg/L)	4,61	1,62
Sólidos suspendidos (mg/L)	220	77,61
DQO (mg/L)	533,9	188,35
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	16.000.000	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	9.200.000	

La caracterización del vertimiento indicó altas concentraciones de materia orgánica, sólidos en suspensión y de microorganismos. El vertimiento genera cambios sobre las concentraciones que lleva el caño caldera sobre todo en la presencia de coliformes. El sistema de tratamiento presenta fuerte coloración verde en sus aguas, lo que puede ser indicativo de bajos flujos de agua que permiten que micro algas y otras especies vegetales consuman los nutrientes inorgánicos y retengan la materia orgánica.



Tabla 77. Características del agua natural respecto al vertimiento.

Parámetros	Caño Caldera antes vertimiento (E95)	Caño Caldera después vertimiento (E96)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,025	0,026	
Oxígeno disuelto (mg/L)	N.D.	N.D.	
pH	7,628	7,551	Disminución del pH, dentro de rangos normales para cuerpos naturales de agua.
Temperatura (°C)	27,7	27,6	Sin cambio apreciable en le parámetro después del vertimiento.
DBO ₅ (mg/L)	5	11,4	La concentración del parámetro aumentó después del vertimiento.
Grasas y aceites (mg/L)	<9,0	<9,0	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,225	0,073	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento
Sólidos suspendidos (mg/L)	4	7,14	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro aguas abajo del vertimiento.
DQO (mg/L)	<25	27,6	Se evidencia aumento en las concentraciones del parámetro, aguas abajo.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	4.500	1.700.000	Se evidencia aumento de los C. totales después del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	4.500	1.300.000	Se evidencia aumento de los C. fecales después del vertimiento

Recomendaciones: El sistema de tratamiento de la cárcel, posee un buen diseño y está estructurado para un buen desempeño, sin embargo debe hacerse un mantenimiento completo para que el sistema recupere su operación en la retención de contaminantes.

Estación de Servicio Rafael.

La EDS está ubicada en la vía que de San Alberto conduce hasta Aguachica, posee un pecario sistema de recolección de efluentes en las coordenadas geográficas 07°48'43,1'' N y 73°25'01,9''O (Figura 84), donde se tomaron muestras para la caracterización.



Figura 84. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en LA EDS Rafael.

Los perfiles de campo se presentan en las Figura 85 a 86 y los análisis completos en las Tabla 78 a 80.

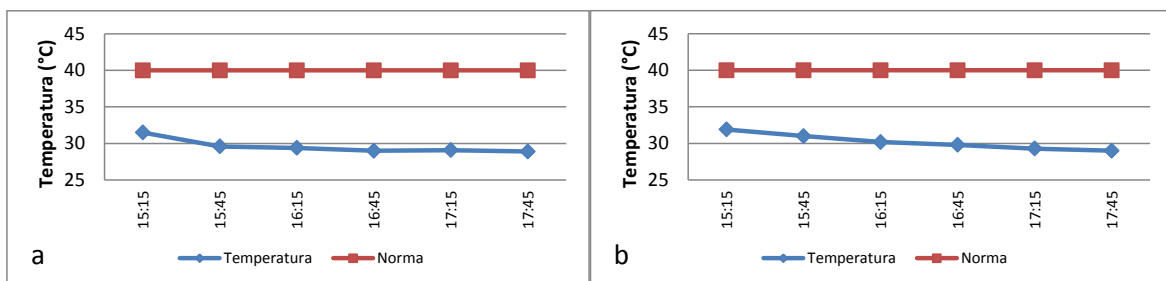


Figura 85. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

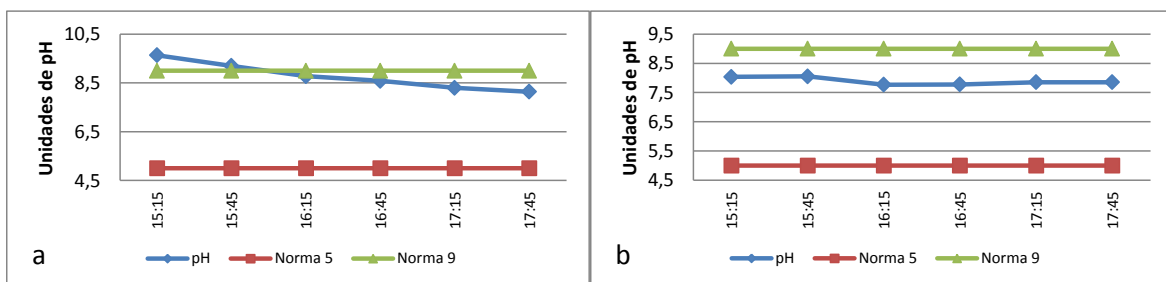


Figura 86. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

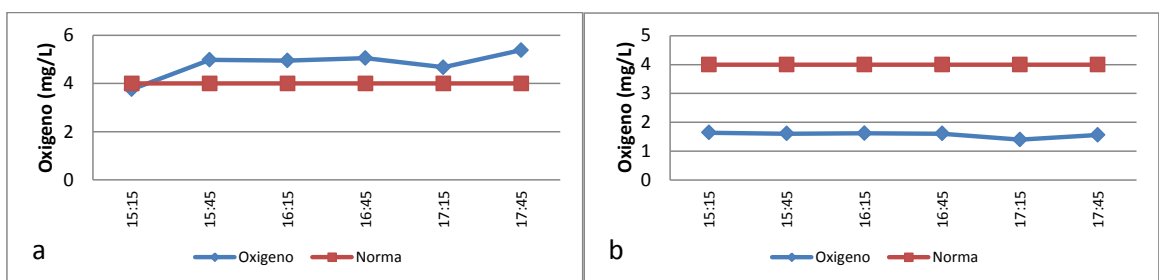


Figura 87. Perfiles del oxígeno disuelto en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa.

Tabla 78. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la EDS Rafael.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E8)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E9)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0164	0,0164		
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,5	1,5		La salida del sistema presenta baja concentración del parámetro.
pH	8,7	7,8		La salida del sistema presenta concentración normal del parámetro.
Temperatura (°C)	29,8	30,1		El parámetro esta dentro del rango normal.
DBO ₅ (mg/L)	240	150	37,5	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito si se trata de un usuario existente.
Grasas y aceites (mg/L)	1335	90	93,3	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	16,96	40,9	-141,2	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia aumento del 141 % de fósforo total .
Sólidos suspendidos (mg/L)	510	340	33,3	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
DQO (mg/L)	547,7	343,6	37,3	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 37,3 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	140.000	180.000	-	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	70.000	180.000	-	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.



Los resultados evidencian un funcionamiento irregular del sistema de tratamiento sobre todo en el parámetro del fósforo total que aumenta a la salida. Las concentraciones de materia orgánica, sólidos en suspensión y coliformes presentan retención pero al llegar a la fuente receptora, no hay evidencias de alteración de las condiciones naturales. Este efecto es inesperado pero suele ocurrir en sitios donde se presenta buena dilución de los efluentes.

Tabla 79. Cálculo de la carga contaminante en el sistema de la EDS Rafael.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E8	E9
DBO ₅	283,56	177,22
Grasas y aceites	1577,32	106,33
Fósforo total	20,03	48,32
Sólidos suspendidos	602,57	401,71
DQO	647,11	405,97

Tabla 80. Características del cuerpo de agua respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada Guaditas antes vertimiento (E10)	Quebrada Guaditas después del vertimiento (E11)	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,002	0,002	
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,65	3,52	La salida del sistema presenta disminución del parámetro, por debajo del valor normal (4 mg/L).
pH	7,753	7,82	La variación del parámetro está dentro del rango normal.
Temperatura (°C)	27,3	27,5	La variación del parámetro es leve, dentro del rango normal.
DBO ₅ (mg/L)	11,1	6,9	La concentración de DBO después del vertimiento es menor, que antes del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro
Fósforo total (mg/L)	0,657	0,3	Se evidencia disminución en el parámetro aguas abajo del vertimiento
Sólidos suspendidos (mg/L)	13	20	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
DQO (mg/L)	36,81	<25	La concentración para el parámetro es mayor antes del vertimiento, ya que después del mismo la concentración se reporta por debajo del límite de detección del método.
Coliformes totales (NMP/100 mL)	2.300	<180	La carga bacteriana para C. totales es menor después del vertimiento
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	450	<180	La carga bacteriana para C. fecales es menor después del vertimiento

Recomendaciones: El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la EDS, es aun artesanal, por la mañanera como se recogen las grasas y aceites, se recomienda mejorar las lagunas de decantación para que el recorrido de los efluentes se retengan de manera eficiente.

Estación de Servicio El Amarillo.

La estación de servicio se encuentra ubicada en las afueras del municipio de San Alberto, en las coordenadas geográficas 07°48'38,2'' N y 73°24'52,8'' O. Debido a que la EDS ya no presta servicio de lavadero de carros, ni para el cambio de aceite el sistema de tratamiento no está habilitado, pero se realiza un vertimiento que fue caracterizado (Figura 88).

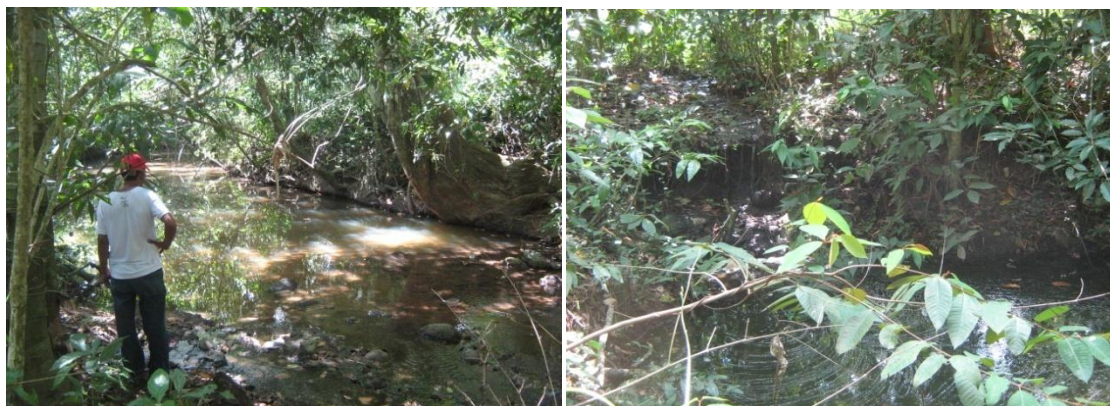


Figura 88. Sitio del vertimiento aguas residuales en la EDS El Amarillo.

Los resultados se presentan en la Tabla 81, que incluye el cálculo de la carga contaminante para los parámetros que menciona la norma colombiana. Los valores medidos indican condiciones del agua similares a los de corrientes de agua naturales, que producen el efecto de disminuir las concentraciones que lleva el cuerpo de agua receptor, al generar el fenómeno de dilución que se observó en los resultados de la caracterización de la quebrada Guaditas.

Tabla 81. Resultados de los análisis de las aguas a la salida del sistema y cálculo de la carga contaminante.

Parámetros	Salida del sistema de tratamiento de aguas	Carga contaminante (Kg/día)
	E5	E5
Caudal (m ³ /s)	0,0054	
Oxígeno disuelto (mg/L)	6	
pH	7,856	
Temperatura (°C)	26,5	
DBO ₅ (mg/L)	3,2	12,44
Grasas y aceites (mg/L)	<9	34,99
Fósforo total (mg/L)	0,399	1,55
Sólidos suspendidos (mg/L)	11	42,76
DQO (mg/L)	<25	97,2
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	7.800	
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	450	

Tabla 82. Características del cuerpo de agua respecto al vertimiento.

Parámetros	Quebrada Guaditas 100 antes vertimiento	Quebrada Guaditas 100 después del vertimiento	Observaciones
	E6	E7	
Caudal (m ³ /s)	0,0055	0,0055	
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,29	5,77	EL valor mínimo es de 4 mg/L, antes del vertimiento presenta deficiencia con respecto a la norma.
pH	7,178	7,806	Cumple con la norma de vertimiento (entre 5 y 9 unidades).
Temperatura (°C)	29,5	26,5	Cumple con la norma (menor de 40 °C).
DBO ₅ (mg/L)	11,1	6,9	La concentración de DBO antes del vertimiento es menor que después del mismo.
Grasas y aceites (mg/L)	<9	<9	No se evidencian cambios en las concentraciones del parámetro.
Fósforo total (mg/L)	0,657	0,3	Se evidencia disminución en el parámetro aguas abajo del vertimiento.
Sólidos suspendidos (mg/L)	13	20	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
DQO (mg/L)	36,81	<25	La concentración para el parámetro es mayor antes del vertimiento, ya que después del mismo la concentración se reporta por debajo del límite de detección del método.
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	2.300	<180	La carga bacteriana para C. totales es mayor antes del vertimiento.
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	450	<180	La carga bacteriana para C. fecales es mayor antes del vertimiento.



Recomendaciones: Una buena utilización de estos efluentes, puede ser para riego de las áreas de la EDS, que son usadas para parqueo de automotores.

Parador La Cabaña.

Este establecimiento se encuentra en la vía entre San Alberto y Aguachica, en las coordenadas geográficas 07°47'41,8'' N y 73°29'36,9'' O, es un hotel de paso y lavadero de automotores que hace vertimientos sobre un pequeño cauce de agua natural (Figura 89).



Figura 89. Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en el parador La Cabaña.

Los perfiles de la medición realizada en campo están representados en las Figura 90 a 92; los resultados de la caracterización y los cálculos de la carga contaminante se presentan en las Tabla 83 y 84. Los valores analizados indican que el sistema de tratamiento presenta buen funcionamiento, con porcentajes de remoción superiores al 90%, con excepción de las mediciones de coliformes, cuyas concentraciones que aumentan en la salida del sistema. Esta situación de aumento puede estar relacionada con procesos de acumulación de materia orgánica, que deberá removerse a fin que el proceso no solo sea de retención sino de degradación (mediante oxidación).

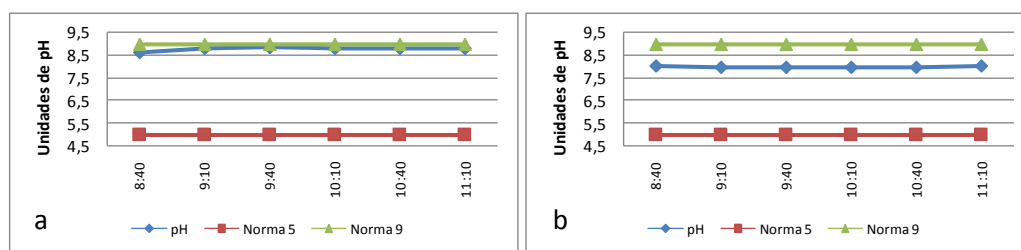


Figura 90. Perfiles del pH del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.

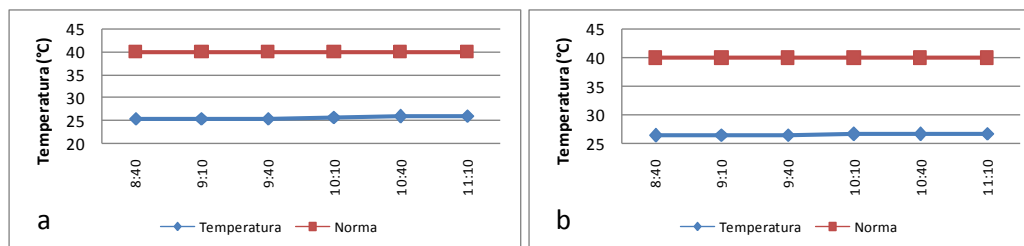


Figura 91. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.

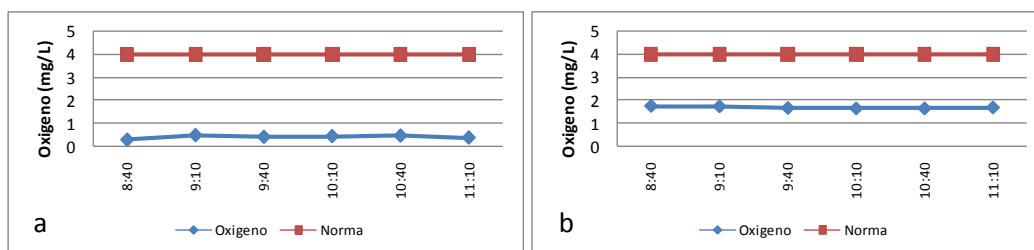


Figura 92. Perfiles del oxígeno disuelto en el agua de la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento del parador.

Tabla 83. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa Parador La Cabaña.

Parámetros	Entrada al sistema de tratamiento de aguas (E15)	Salida del sistema de tratamiento de aguas (E16)	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal (m ³ /s)	0,0032	0,0023		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,38	1,76		La salida del sistema mejora la concentración del parámetro pero no alcanza el estándar de la norma.
pH	8,644	8,046		Los cambios en los parámetros están dentro del rango normal.
Temperatura (°C)	25,4	26,4		El parámetro aumenta pero dentro del rango de la norma.
DBO ₅ (mg/L)	60000	246	99,6	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasas y aceites (mg/L)	7910	164	97,9	Para estos compuestos, la norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Fósforo total (mg/L)	50,6	3,4	93,3	La norma no establece remociones para estos compuestos. Sin embargo a la salida del sistema se evidencia una disminución del 93,3 % de parámetro.
Sólidos suspendidos (mg/L)	20560	83,33	99,6	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
DQO (mg/L)	108620	675	99,4	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 99,4 % para este parámetro
Coliformes totales (NMP/ 100 mL)	23.000	630.000	-2639,1	La carga microbiana de coliformes totales es mayor a la salida que a la entrada del sistema
Coliformes fecales (NMP/ 100 mL)	23.000	310.000	-1247,8	La carga microbiana de coliformes fecales es mayor a la salida que a la entrada del sistema.

Tabla 84.Cálculo de la carga contaminante en el parador La Cabaña.

Parámetros	Carga contaminante (Kg/día)	
	E15	E16
DBO ₅	345600	1416,96
Grasas y o aceites	45561,6	944,64
Fósforo Total	291,456	19,584
Sólidos suspendidos	118425,6	479,98
DQO	625651,2	3888

Recomendaciones: El sistema de decantación de las aguas residuales, funciona de manera eficiente para la mayoría de los parámetros medidos, pero los coliformes no se retienen. En este caso se recomienda el uso de vegetación acuática, a manera de filtros vivos, para retener este tipo de microorganismos.



EMPRESAS DEL SECTOR PÚBLICO (SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES - STAR).

Todas las empresas del sector son manejadas en concesión por la Empresa de aguas de Valledupar (EMDUPAR), se encarga de trasladar y tratar las aguas servidas de los principales municipios del departamento de Cesar. Los análisis de las aguas servidas en los sistemas de tratamiento y en los cuerpos de agua naturales que reciben esos vertimientos fueron encargados por EMDUPAR, por lo que no se tiene información de las coordenadas o imágenes de las instalaciones municipales para el procesamiento de las aguas residuales. Se presentan ilustraciones de las mediciones realizadas en campo y las tablas de resultados de las caracterizaciones realizadas por el laboratorio de PROAMBIENTE LTDA.

Municipio de Agustín Codazzi.

Este municipio posee una población proyectada a 2011 (DANE, 2011), de 52.235 habitantes, que hacen uso de los servicios domiciliarios, incluyendo el servicio de alcantarillado.

Los perfiles de los parámetros de oxígeno, pH y temperatura del agua medidos directamente en campo (entrada y salida del sistema de tratamiento), se muestran en las Figura 3, 94 y 95 en las que la temperatura y el pH cumplen con la norma de vertimiento (decreto 1594 de 1984), aunque las concentraciones del oxígeno no alcanzan el valor mínimo (4 mg/L) para que los organismos acuáticos aeróbicos se sostengan, cuando son vertidas.

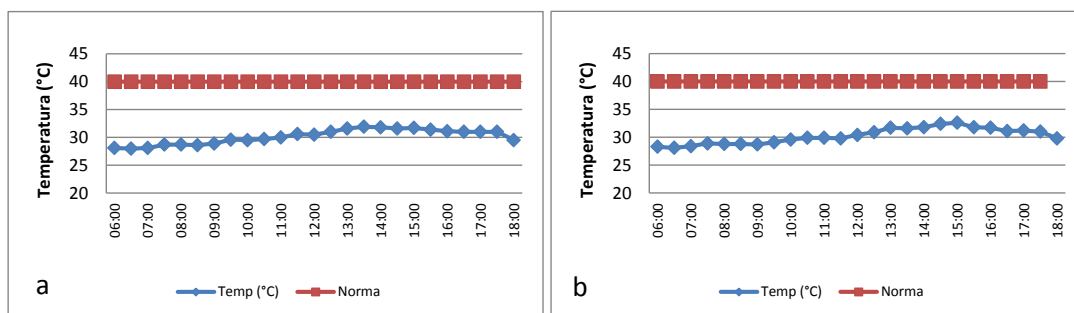


Figura 93. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

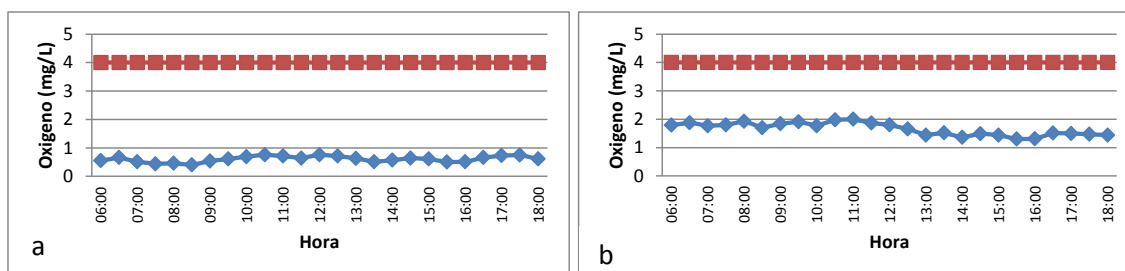


Figura 993. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

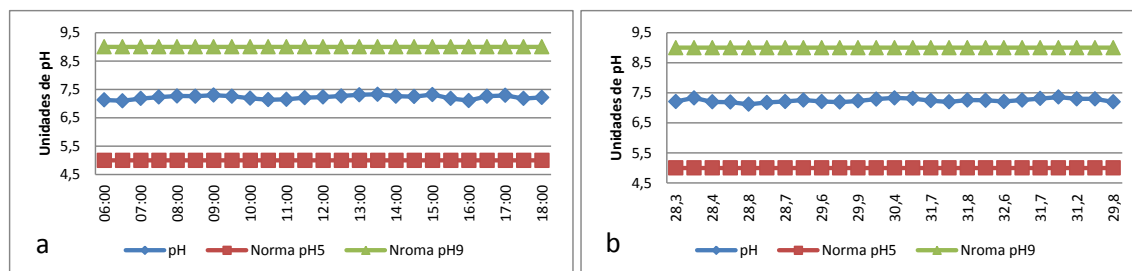


Figura 994. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

La caracterización de los flujos de agua entrante y saliente de la STAR, son presentados en el tabla 85, que incluye observaciones sobre el cumplimiento de las regulaciones actuales en el país.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización, se calculó la carga contaminante según la fórmula presentada antes. Las cargas contaminantes de la empresa están consignadas en la Tabla 4, expresada en Kg/día del parámetro en el vertimiento. La carga que sale de sólidos totales, hace pensar en la posibilidad de mejorar la retención de este parámetro, para no saturar las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua receptor.

Tabla 85. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,093	0,07748		
DBO ₅	mg/L	213	82	61,50	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La empresa cumple con la norma, sólo si es usuario existente.
DQO	mg/L	313	128	59,11	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 59,1 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	76	49	35,53	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	78	22	71,79	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple la norma.
Sólidos totales	mg/L	589	492	16,47	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero el sistema remueve un 16,4 % de la concentración de este parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	27,9	18,8	32,62	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 32,6 % de la concentración de este parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó el parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	5,4	4,7	12,96	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero el sistema remueve un 12,9 % de la concentración de este parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	54000000	4900000	90,93	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 90,9 % de la concentración de este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	35000000	2300000	93,43	La norma no establece remociones para estos organismos, pero el sistema remueve un 93,4 % de la concentración de este parámetro.



Tabla 86. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	1426,24	457,44
DQO	2095,84	714,05
Sólidos suspendidos	508,89	273,34
Grasa y aceites	522,28	122,72
Sólidos totales	3943,94	2744,65
Nitrógeno total	186,81	104,87
Nitratos	5,95	4,96
Fósforo total	36,15	26,21

Los resultados anteriores indican que el sistema posee buenas condiciones para la retención de microorganismos del grupo de los coliformes, pero los demás parámetros deberán ser evaluados nuevamente, después de realizar mejoras en el sistema que permitan aumentar la retención de los demás parámetros. Una manera de mejorar la poca concentración de oxígeno disuelto en los efluentes, es generar caídas de agua como las observadas en otros sistemas de tratamiento (Valledupar y Aguachica) y que posiblemente contribuya a mejorar la retención de otros parámetros.

La caracterización de los flujos en el cuerpo de agua receptor (Caño Las Culebras), permite inferir la influencia de los efluentes de la STAR (Tabla 5).

Tabla 87. Características del cuerpo de agua natural respecto al vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	17,5	23,6	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	28	37	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	<25	<25	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	52	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	748	443	Se evidencia disminución del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	4	15	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	<0,89	4,4	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	47000	13000	Se evidencia disminución del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	13000	13000	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: Aunque el sistema presenta retención de la mayoría de los parámetros evaluados algunos como el de grasas y aceites, evidencian aumento de la concentración en el cuerpo de agua natural después del vertimiento. Se recomienda que se realicen cambios y mejoras en el sistema de tratamiento, para que el receptor reciba menos carga contaminante.

Municipio de Astrea.

En este municipio el DANE (2011), proyectó una población de 18.901 habitantes, que generan un caudal de aguas residuales de 21 litros por segundo. Los perfiles de los parámetros de oxígeno, pH y temperatura del agua, fueron medidos directamente en campo (tanto en la entrada como en la salida del sistema de tratamiento), las Figura 3, 97 y 98 indican que la temperatura y el pH se encuentran en los rangos previstos por la norma colombiana (decreto 1594 de 1984), aunque como ocurre con el municipio anterior, las concentraciones del oxígeno no alcanzan el valor mínimo de 4 mg/L, para que los organismos acuáticos aeróbicos se sostengan, cuando son vertidas.

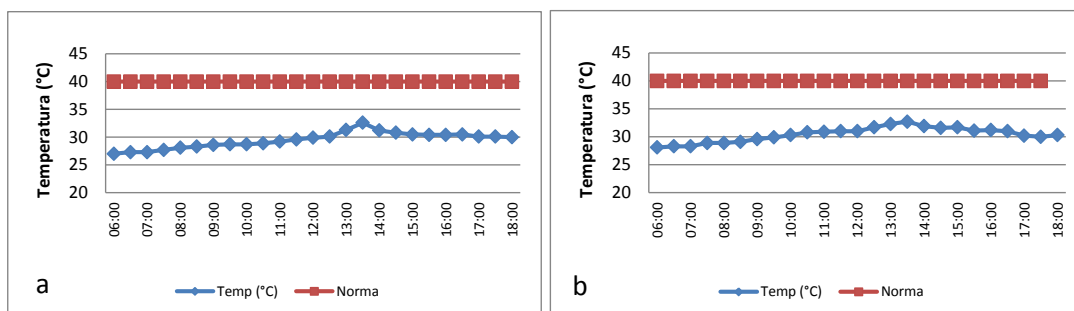


Figura 96. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

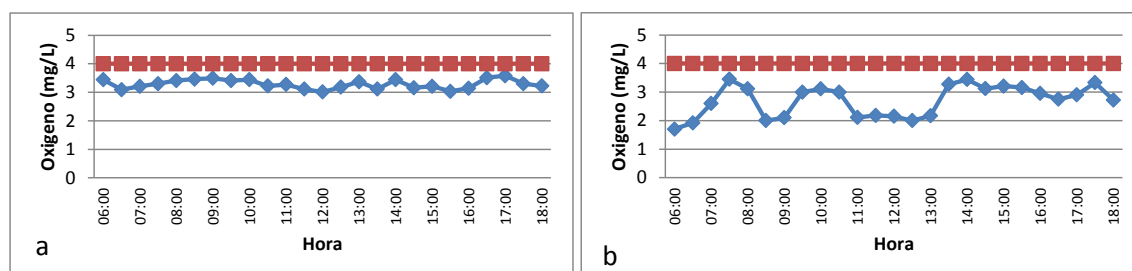


Figura 97. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

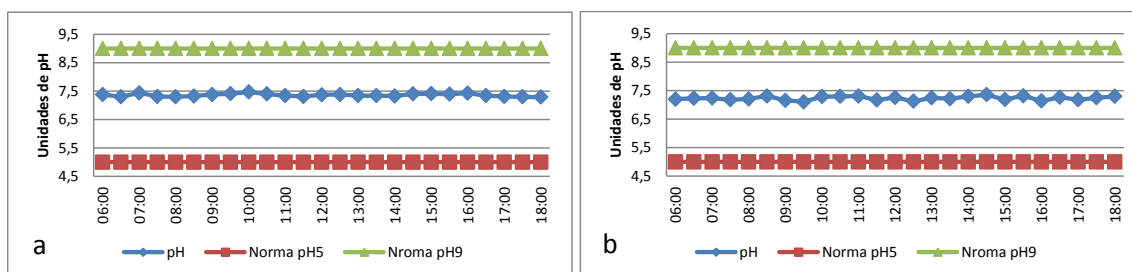


Figura 98. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

La caracterización de los flujos de agua entrante y saliente de la STAR, son presentados en el tabla 88, que incluye observaciones sobre el cumplimiento de las regulaciones del país. Las cargas contaminantes del sistema de tratamiento están presentadas en la Tabla 4, están expresadas en Kg/día para cada parámetro evaluado en el vertimiento. Los análisis realizados, no llegaron a la fuente natural de agua receptora de los vertimientos por lo que no es posible saber si existe una influencia sobre ella.

Los resultados indican que las aguas vertidas por el sistema de tratamiento, presentan disminución de las cargas de materia orgánica y de microorganismos, aunque para los iones inorgánicos del nitrógeno y el fósforo el sistema está produciendo estos parámetros en exceso (incremento de los mismos, Tabla 88), con respecto a las características de entrada. Esta característica puede ser generada por la degradación y remineralización de la materia orgánica, pero es necesario crearle al sistema un sistema de retención de los mismos. En algunos casos es



posible incluir vegetación acuática que los consuma, pero también es importante que la misma sea cosechada para evitar que las lagunas colapsen.

Tabla 88. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,021	0,0174		
DBO ₅	mg/L	475	55	88,42	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma en ambos casos.
DQO	mg/L	720	90	87,50	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 87,5 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	484	<25	94,83	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	80	<20	75,00	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple la norma.
Sólidos totales	mg/L	1873	604	67,75	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 67,7 % para este parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	25,1	602	-2298,41	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero el sistema genera un aumento mayor al 2000 % para este parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo no se detectó nitrato en el sistema.
Fósforo total	mg/L	<0,05	0,72	-1340,00	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero el sistema produce más de 1300 % de este parámetro en la salida.
Coliformes totales	NMP/mL	17000	4900	71,18	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 90,9 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	17000	<1,8	99,99	La norma no establece remociones para estos organismos, pero el sistema remueve un 93,4 % para este parámetro.

Tabla 89. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	718,2	68,90
DQO	1088,64	112,75
Sólidos suspendidos	731,80	31,32
Grasa y aceites	120,96	25,06
Sólidos totales	2831,97	756,69
Nitrógeno total	37,95	754,18
Nitratos	1,34	1,11
Fósforo total	0,075	0,902

Recomendación: Es necesario conocer las características (si es posible) , de la fuente receptora de los vertimientos, a fin de evaluar las posibles mejoras que el sistema requiera, para el caso de los iones del nitrógeno y fósforo inorgánicos.

Municipio de Bosconia.

El municipio cuenta con 34.734 habitantes, según la proyección del DANE (2011), que generan un caudal de aguas servidas de 43 litros por segundo. Los perfiles de los parámetros de oxígeno, pH y temperatura del agua medidos directamente en campo, se muestran en las (Figura 3, 100 y 101). De estos tres parámetros, el oxígeno presentó valores bajos en la salida de la STAR, sin embargo no se conoce si existe afectación sobre la fuente natural receptora debido a que no se tomó esa información (rio abajo del vertimiento).

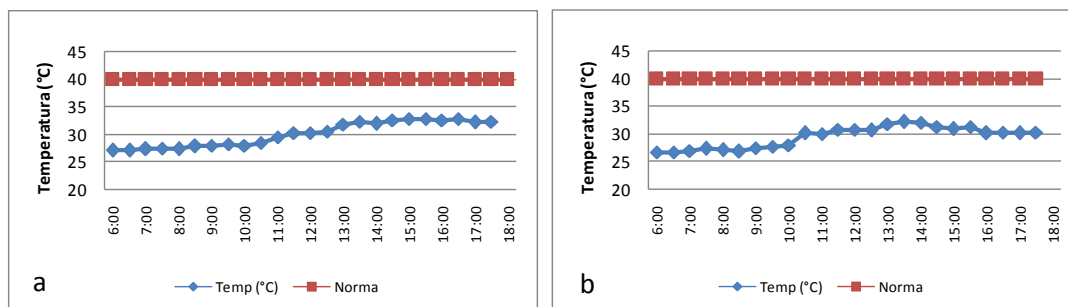


Figura 99. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

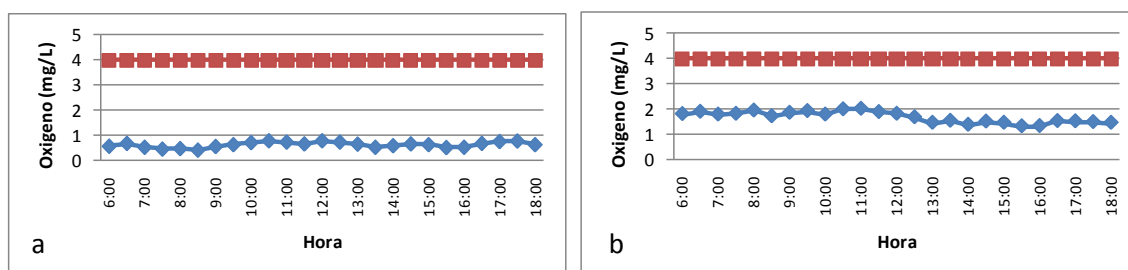


Figura 100. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

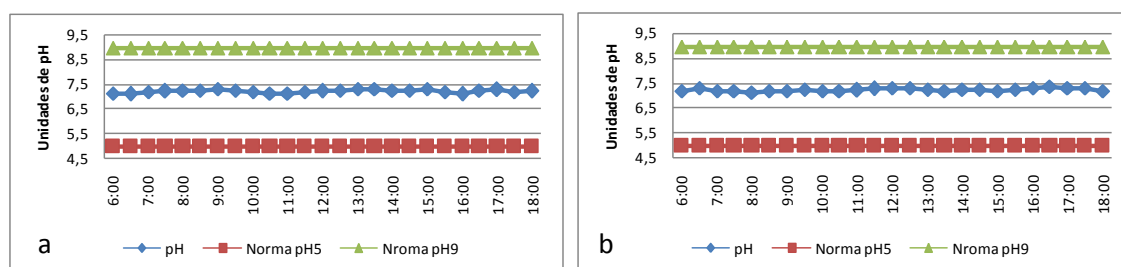


Figura 101. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

La caracterización de los flujos de agua entrante y saliente de la STAR, es presentada en la Tabla 90, se incluyen observaciones sobre el cumplimiento de las normas de vertimiento en el país. Los cálculos de las cargas contaminantes de la empresa están consignados en la Tabla 91.

Los resultados encontrados indican que el sistema de tratamiento está funcionando con algunas fallas, que nos parece pueden ser corregidas si se hacen mejoras. Por ejemplo la disminución de sólidos en el efluente, puede ser corregida mediante trampas de vasos comunicantes, que utilizan la precipitación por gravedad. Al igual que cualquier sistema debe ser mantenido de manera constante para evitar que colapse.

La caracterización del cuerpo de agua receptor (Quebrada El Tropezón), solo fue realizada en aguas antes del vertimiento por lo que su relación con los efluentes generados no puede ser analizada, los datos obtenidos se presentan en la Tabla 92. Los resultados indican una carga relativamente alta de materia orgánica en una fuente natural de agua, por lo que se espera que el vertimiento aumente la concentración de estos parámetros (pero esto solo puede ser evaluado con la información pertinente).



Tabla 90. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,043	0,036		
DBO ₅	mg/L	80,6	26,4	67,25	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma, sólo en caso de ser un usuario existente.
DQO	mg/L	126	42	66,67	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve el 66,6 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	170	198	85,29	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	78	22	74,36	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple la norma.
Sólidos totales	mg/L	437	459	-5,03	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema genera un aumento del 5 % para este parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	30,6	30,2	1,31	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 1,3 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero no se detectó nitrato en el sistema.
Fósforo total	mg/L	5,8	5,2	10,34	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema remueve el 10,3 % para este parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	1600000000	11000000	99,31	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,3 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	920000000	7800000	99,15	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,1 % para este parámetro.

Tabla 91. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	249,53	68,42
DQO	190,51	52,61
Sólidos suspendidos	257,04	31,32
Grasa y aceites	117,93	25,05
Sólidos totales	660,74	575,03
Nitrógeno total	46,26	37,83
Nitratos	1,34	1,11
Fósforo total	1,34	6,51

Tabla 92. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba
DBO ₅	mg/L	58,8
DQO	mg/L	92
Sólidos suspendidos	mg/L	241
Grasa y aceites	mg/L	<20
Sólidos totales	mg/L	374
Nitrógeno total	mg/L	11,4
Nitratos	mg/L	<0,89
Fósforo total	mg/L	2,1
Coliformes totales	NMP/mL	4900
Coliformes fecales	NMP/mL	2300



Recomendación: Se recomienda la caracterización de la fuente receptora después del vertimiento, para evaluar y cuantificar las posibles mejoras al sistema de tratamiento, teniendo en cuenta la capacidad de dilución natural, que la quebrada posee.

Municipio de Chimichagua.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 30.877 habitantes que generan un caudal de aguas servidas de 25 litros por segundo. Los perfiles de los parámetros temperatura, pH (que se encuentran dentro de los rangos normales) y de oxígeno del agua (en un rango cercano al valor mínimo de la norma), medidos directamente en campo se muestran en las (Figura 3, 103 y 104).

La caracterización de los flujos de agua entrante y saliente de la STAR, se presentan en el tabla 93, se incluyen observaciones sobre el cumplimiento de las normas de vertimiento en el país; las cargas contaminantes de la empresa están consignadas en la Tabla 4.

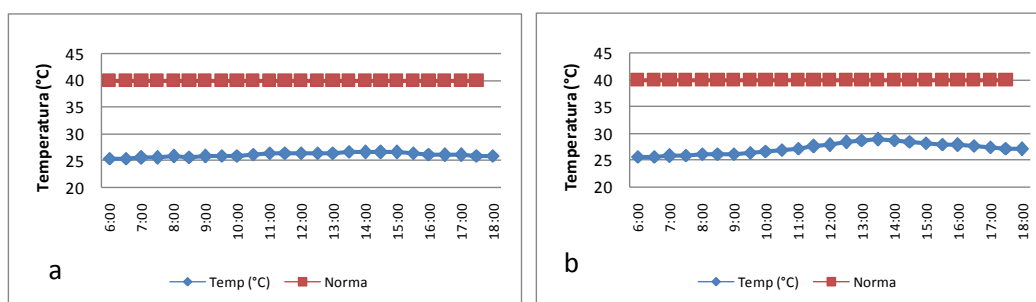


Figura 102. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

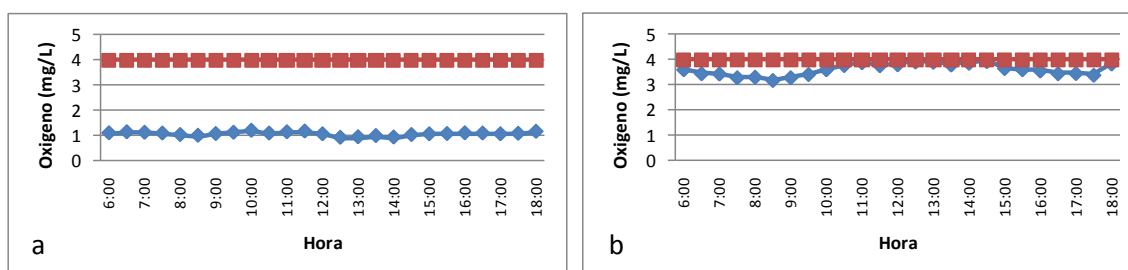


Figura 103. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

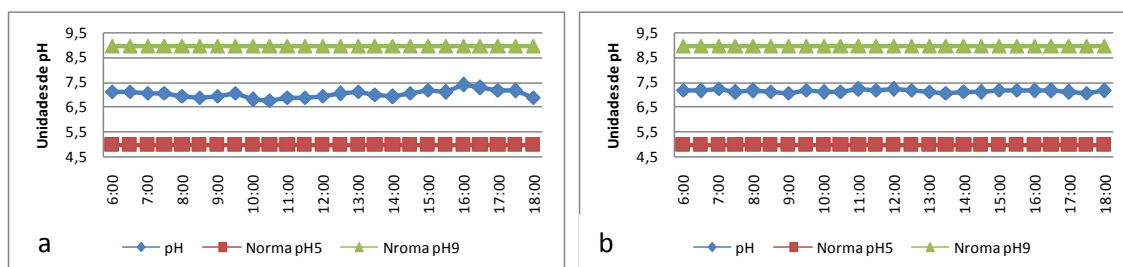


Figura 104. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Los resultados del sistema de tratamiento, indican que está funcionando con algunas falencias, los que pueden ser corregidos si se hacen mejoras. Por ejemplo la disminución de sólidos en el efluente, puede ser resuelta mediante trampas de vasos comunicantes, que utilizan la precipitación por gravedad para separar sólidos. Al igual que cualquier sistema debe ser mantenido de manera constante para evitar que colapse.

Tabla 93. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,025	0,025		
DBO ₅	mg/L	260	66	74,62	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma sólo en caso de usuario existente.
DQO	mg/L	385	104	72,99	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve el 72,9 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	118	35	78,81	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito, sólo en caso de usuario existente.
Grasa y aceites	mg/L	74	<20	72,97	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple la norma.
Sólidos totales	mg/L	664	222	66,57	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema genera un aumento del 66,5 % para este parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	30,7	6,9	77,52	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 77,5 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero no se detectó nitrato en el sistema.
Fósforo total	mg/L	5,9	1,1	81,36	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema retiene el 81,3 % del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	920000000	4500000	99,51	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	240000000	2000000	99,17	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve el 99,1 % de la concentración del parámetro.



Tabla 94. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	468	118,8
DQO	693	187,2
Sólidos suspendidos	212,4	63
Grasa y aceites	133,2	36
Sólidos totales	1195,2	399,6
Nitrógeno total	55,26	12,42
Nitratos	1,60	1,60
Fósforo total	10,62	1,98

La caracterización de los efluentes en el cuerpo de agua receptor (Ciénaga de Zapatosa), en relación con los efluentes de la empresa, presenta poca influencia por los vertimientos realizados (Tabla 5), aunque es deseable que el sistema de tratamiento sea más eficiente en la retención de carga contaminante, para la protección del medio natural.

Tabla 95. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Observaciones
DBO ₅	mg/L	26	28	Se evidencia un leve aumento del parámetro en el punto 2 (al parecer después del vertimiento).
DQO	mg/L	58	67	Se evidencia aumento del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	180	112	Se evidencia disminución del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	380	308	Se evidencia disminución del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	0,9	1,2	Se evidencia leve aumento del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	1,6	1,1	Se evidenció leve disminución en la concentración del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	2,1	3,4	Se evidencia aumento del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	450	780	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	200	200	No hay cambios en la concentración del parámetro en el punto 2 después del vertimiento.

Recomendación: Es posible realizar ajustes al sistema de tratamiento o mantenimiento que permitan mejorar la retención de carga contaminante, esta sugerencia se hace por la condición de la ciénaga de Zapatosa en ser una despena ecológica en la región, que incluso es presentada como sitio de interés turístico.

Municipio de El Copey.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 25.956 habitantes que generan 28 litros por segundo de aguas servidas. Los perfiles de los parámetros temperatura, pH (que se encuentran dentro de los rangos normales) y de oxígeno del agua (en un rango cercano al valor mínimo de la norma), medidos directamente en campo se muestran en las (Figura 3, 103 y 104).

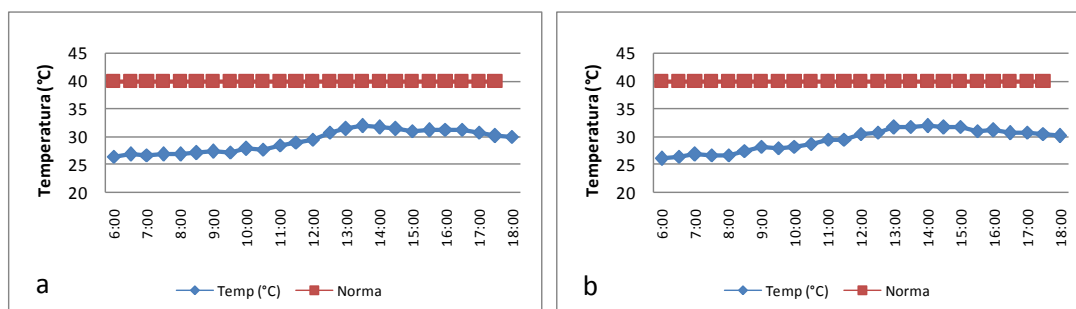


Figura 105. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

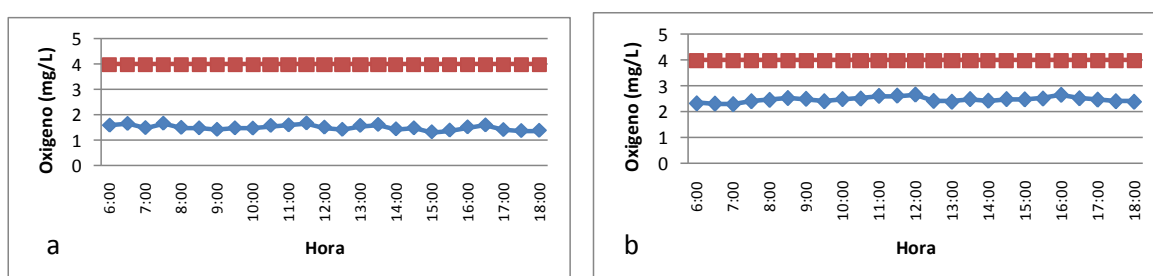


Figura 106. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

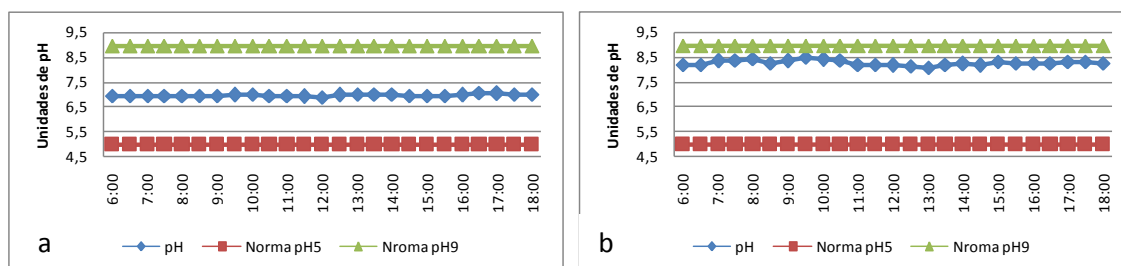


Figura 107. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Los análisis de resultados para el sistema de tratamiento, indican que está funcionando para cumplir con la normativa en algunos aspectos, pero que se pueden corregir mediante procesos de mantenimiento. Como en el caso del municipio de Chimichagua, los sólidos del efluente se pueden disminuir mediante un programa firme de mantenimiento a la infraestructura del sistema.

La caracterización de los efluentes en el cuerpo de agua receptor, fueron tomados antes del vertimiento y la relación con los efluentes del sistema no se pueden realizar (Tabla 5).



Tabla 96. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,02824	0,021		
DBO ₅	mg/L	179	119	33,52	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma sólo en el caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	297	202	31,99	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 31,9 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	264	185	29,92	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	64	22	65,63	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple la norma.
Sólidos totales	mg/L	818	571	30,20	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema reduce el 30,2 % de la concentración del parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	30,1	17,3	42,52	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 42,5 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos, pero no se detectó nitrato en el sistema.
Fósforo total	mg/L	4,9	2,9	40,82	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema reduce el 40,8 % de la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	1600000000	220000000	86,25	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	920000000	23000000	97,50	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve el 100 % de la concentración del parámetro.

Tabla 97. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	363,96	179,93
DQO	603,88	305,42
Sólidos suspendidos	536,79	279,72
Grasa y aceites	130,13	33,26
Sólidos totales	1663,22	863,35
Nitrógeno total	61,20	26,16
Nitratos	1,81	1,35
Fósforo total	9,96	4,38

Tabla 98. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba
DBO ₅	mg/L	8,3
DQO	mg/L	13
Sólidos suspendidos	mg/L	<25
Grasa y aceites	mg/L	<20
Sólidos totales	mg/L	341
Nitrógeno total	mg/L	2,3
Nitratos	mg/L	<0,89
Fósforo total	mg/L	0,7
Coliformes totales	NMP/mL	240000
Coliformes fecales	NMP/mL	130000



Recomendación: Se recomienda la caracterización de la fuente receptora después del vertimiento, para evaluar y cuantificar las posibles mejoras al sistema de tratamiento, teniendo en cuenta la capacidad de dilución natural, que la quebrada posee.

Municipio de El Paso.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 22.082 habitantes que producen 28 litros por segundo de aguas servidas. Los perfiles de los parámetros temperatura (dentro del rango de la norma), pH (muy cerca del valor de 9) y de oxígeno del agua (en un rango cercano al valor mínimo de la norma), medidos directamente en campo se muestran en las (Figuras 108, 109 y 110).

La caracterización de los flujos de agua servida entrante y saliente de la STAR, se presentan en el tabla 99, con observaciones sobre el cumplimiento de las normas de vertimiento; las cargas contaminantes del vertimiento están consignadas en la Tabla 4.

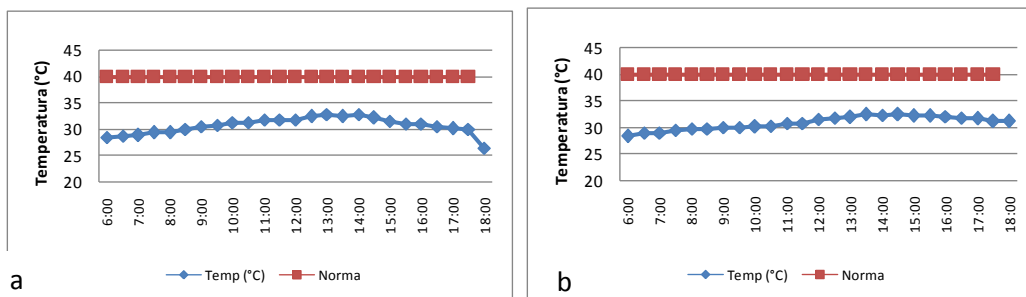


Figura 108. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

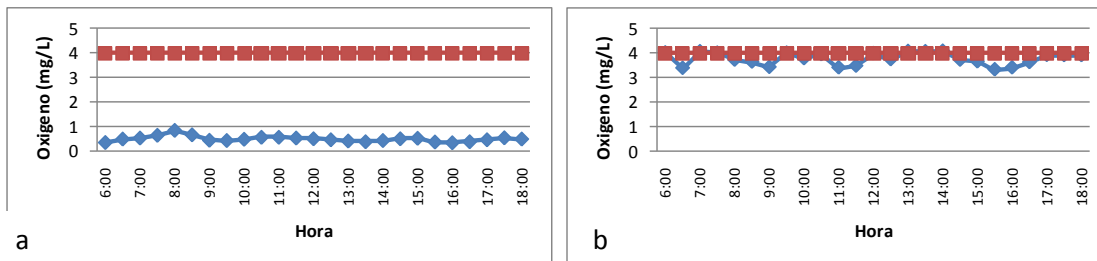


Figura 109. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

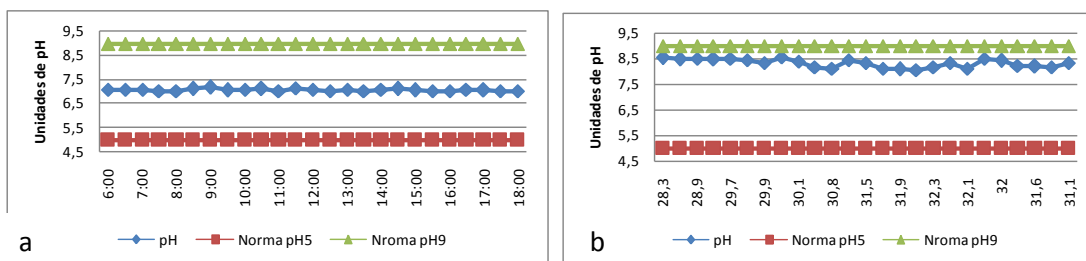


Figura 110. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.



El análisis de resultados mostró que el sistema presenta deficiencias en la retención de algunos de los parámetros evaluados (el sólidos alcanzó sólo el 14% y los de materia orgánica no sobrepasan el 35 % de remoción), no están dentro de rangos esperados para un sistema de tratamiento de aguas servidas. No se puede concluir exactamente la situación del STAR por no conocerlo, pero es posible que el mantenimiento del mismo sea deficiente y esta sea la causa principal del bajo rendimiento que presenta. Sin embargo la caracterización de las aguas en el cuerpo receptor, permiten inferir que la capacidad del mismo para diluir las descargas del efluente, era suficiente en el momento del muestreo, para generar un efecto deseado (dilución). Pero hay que recordar que el país presenta ciclos drásticos en el clima que pueden producir disminución de los caudales naturales y afectar su capacidad de dilución.

La ciénaga San Marcos es un ecosistema que es utilizado por los pobladores de la zona, en actividades de pesca y caza, también es el refugio de aves y otras especies que allí tienen su zona de hábitat.

Tabla 99. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	9,38	7,5		
DBO ₅	mg/L	80	51	36,25	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma sólo en el caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	111	77	30,63	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 30,6 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	77	55	28,57	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	0,00	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. No se detectó este parámetro en el sistema.
Sólidos totales	mg/L	1013	870	14,12	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema reduce el 14,1 % de la concentración del parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	29,2	10,9	62,67	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 62,6 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	1,06	<0,89	16,04	La norma no establece remociones para estos compuestos, aunque se remueve el 16% de este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	3,8	2,5	34,21	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema reduce el 40,8 % de la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	160000000	780000	99,51	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	920000	450000	51,09	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve el 51 % de la concentración del parámetro.



Tabla 100. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	54,03	27,54
DQO	74,96	41,58
Sólidos suspendidos	52,00	29,70
Grasa y aceites	13,51	10,80
Sólidos totales	684,14	469,80
Nitrógeno total	19,72	5,89
Nitratos	0,72	0,48
Fósforo total	2,57	1,35

La caracterización de los efluentes en el cuerpo de agua receptor (Ciénaga San Marcos), en relación con los efluentes de la empresa, se presenta en la Tabla 101, con algunas consideraciones sobre el efecto del vertimiento.

Tabla 101. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Observaciones
DBO ₅	mg/L	42	48	Se evidencia un leve aumento del parámetro del punto 1 al 2.
DQO	mg/L	89	96	Se evidencia aumento del parámetro del punto 1 al 2.
Sólidos suspendidos	mg/L	244	208	Se evidencia disminución del parámetro del punto 1 al 2.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro del punto 1 al 2.
Sólidos totales	mg/L	420	380	Se evidencia disminución del parámetro del punto 1 al 2.
Nitrógeno total	mg/L	17,2	17,8	Se evidencia leve aumento del parámetro del punto 1 al 2.
Nitratos	mg/L	0,93	1,24	Se evidenció aumento en la concentración del parámetro del punto 1 al 2.
Fósforo total	mg/L	3,3	4	Se evidencia leve aumento del parámetro del punto 1 al 2.
Coliformes totales	NMP/mL	170000	780	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro del punto 1 al 2.
Coliformes fecales	NMP/mL	110000	450	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro del punto 1 al 2.

Recomendación: Las retenciones de materia orgánica y sólidos son bajas, se recomienda que en estos sistemas de tratamiento se implementen programas de mantenimiento, que permita controlar de manera continua las condiciones del STAR.

Municipio de Gamarra.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 15.777 habitantes que generan aguas servidas, dentro de la información tomada no figura el caudal del vertimiento indispensable para el cálculo de la carga contaminante. Los perfiles de los parámetros medidos directamente en campo se muestran en las (Figuras 111, 112 y 113), únicamente sobre el ingreso al sistema de tratamiento. La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y de oxígeno del agua (en un rango por debajo al valor mínimo de la norma). La Tabla 102 contiene la información de la caracterización de las aguas que ingresan a la STAR del municipio, que no contiene observaciones debido a la información parcial registrada.

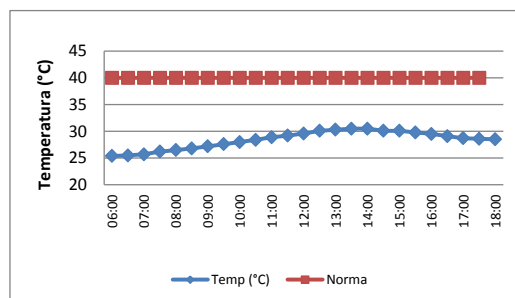


Figura 111. Perfil de la temperatura del agua en la entrada del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

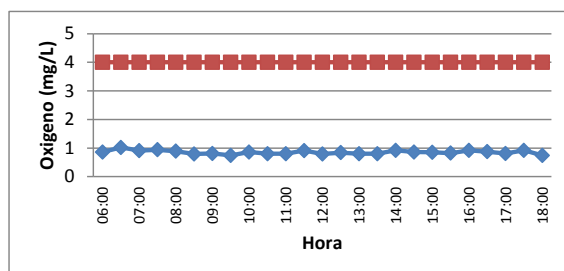


Figura 112. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

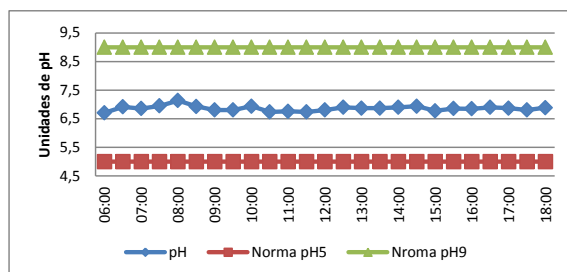


Figura 113. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Tabla 102. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR
DBO ₅	mg/L	178
DQO	mg/L	238
Sólidos suspendidos	mg/L	57
Grasa y aceites	mg/L	62
Sólidos totales	mg/L	594
Nitrógeno total	mg/L	29,5
Nitratos	mg/L	<0,89
Fósforo total	mg/L	6,1
Coliformes totales	NMP/mL	920000000
Coliformes fecales	NMP/mL	350000000

El análisis de resultados mostró que el sistema recibe concentraciones altas de los parámetros evaluados, al comparar con otros municipios con mayor población. Estas concentraciones requieren de un buen sistema de tratamiento, así como el mantenimiento del mismo.



La caracterización de los efluentes en el cuerpo de agua receptor, en relación con los efluentes de la empresa, es presentada en la Tabla 103; los registros indican afectación baja a los parámetros del cuerpo de agua natural, pero es interesante que los valores de sólidos y coliformes totales sean mayores que los encontrados en STAR de municipios más grandes.

Tabla 103. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	46	50	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	69	79	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	1663	1350	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	1840	1520	Se evidencia disminución del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	3,1	5	Se evidencia aumento del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	0,89	1,24	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	1,41	0,7	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	170000	140000	Se evidencia disminución del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	110000	79000	Se evidencia disminución del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: Es necesario que se tome la caracterización de la salida de la STAR y los caudales que ingresan y sale de la misma, para realizar los respectivos cálculos y análisis. También se considera que un seguimiento al cuerpo de agua receptor, pueda dar indicios de la fuente de sólidos que se registran en los análisis fisicoquímicos.

Municipio de González.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 7.842 habitantes que generan aguas servidas, dentro de la información tomada no figura el caudal del vertimiento que es indispensable para el cálculo de la carga contaminante. Los perfiles de los parámetros medidos directamente en campo se muestran en las (Figuras 114, 115 y 116), sólo sobre la salida del sistema de tratamiento. La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y de oxígeno del agua (en un rango por debajo al valor mínimo de la norma). La Tabla 104 contiene la información de la caracterización de las aguas que ingresan a la STAR del municipio, que no contiene observaciones debido a la información parcial registrada.

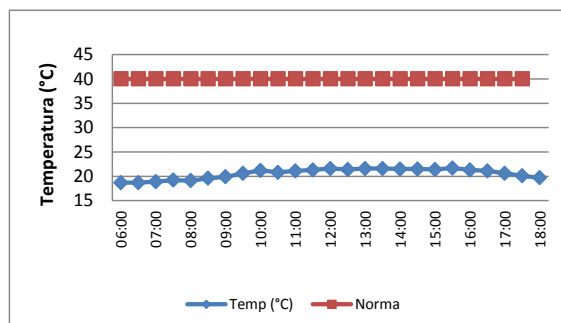


Figura 114. Perfiles de la temperatura del agua en la salida del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

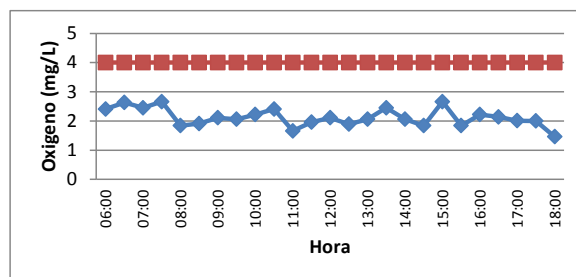


Figura 115. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la salida del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

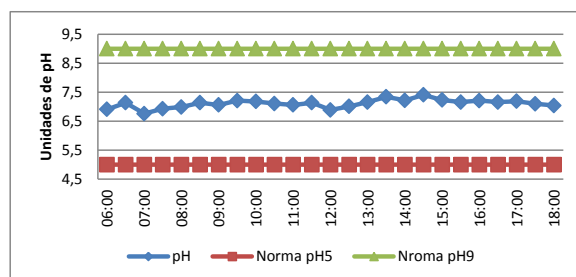


Figura 116. Perfiles del valor de pH en el agua en la salida del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

El análisis de resultados (Tabla 104) mostró que el sistema vierte concentraciones de materia orgánica y sólidos, similares a las de otros municipios pero en la comparación se nota las diferencias en los tamaños de la población, ya que la de Gonzales es menor. Como ocurre con la información de otros municipios, la parcialidad de la misma hace que las conclusiones sobre la efectividad del sistema no se puedan realizar. Es necesario tomar el resto de la información (caudal y caracterización del agua al ingresar a la STAR).

Tabla 104. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Salida STAR
DBO ₅	mg/L	169
DQO	mg/L	274
Sólidos suspendidos	mg/L	172
Grasa y aceites	mg/L	<20
Sólidos totales	mg/L	475
Nitrógeno total	mg/L	0,9
Nitratos	mg/L	<0,89
Fósforo total	mg/L	2,7
Coliformes totales	NMP/mL	34000000
Coliformes fecales	NMP/mL	34000000

La caracterización del cuerpo de agua receptor, en relación con los efluentes de la empresa, es presentada en la Tabla 105, en la mayoría de los parámetros evaluados (la excepción son los sólidos suspendidos, las grasas y aceites) se nota el aumento de la concentración río abajo, después de los vertimientos.



Tabla 105. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	5,4	10	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	8	14	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	<25	<25	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	193	203	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	2,3	3,3	Se evidencia leve aumento del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	0,87	22,15	Se evidenció aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,19	0,5	Se evidencia leve aumento del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	49000	33000	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	49000	23000	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: Se recomienda la caracterización de los flujos de agua que ingresan a la STAR, para generar una idea más concreta sobre el funcionamiento de la misma y trazar algunas pautas sobre los posibles cambios necesarios para su buen desempeño.

Municipio de La Gloria.

De acuerdo a la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 13.612 habitantes que generan 13 m³ de aguas servidas. Los perfiles de los parámetros medidos directamente en campo se muestran en las (Figuras 117, 118 y 119). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y de oxígeno del agua (en un rango cercano al valor mínimo de la norma). La Tabla 106 contiene la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio, contiene observaciones sobre el cumplimiento de la norma colombiana sobre vertimientos.

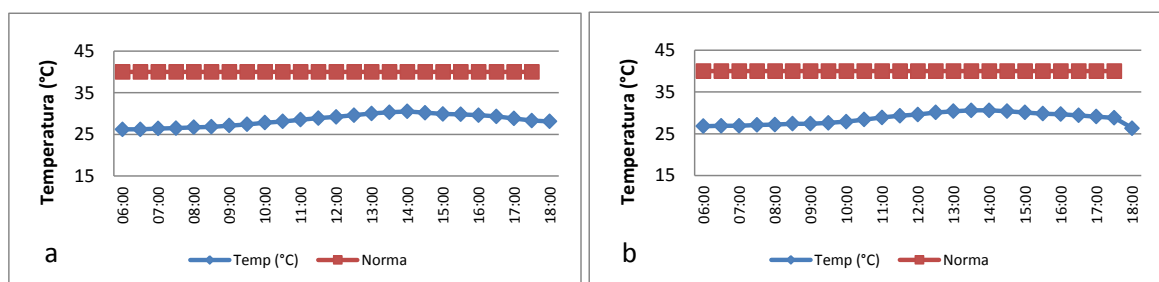


Figura 117. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

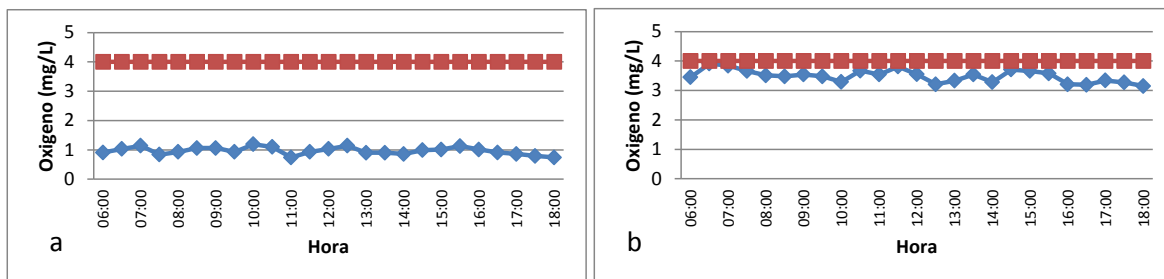


Figura 118. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

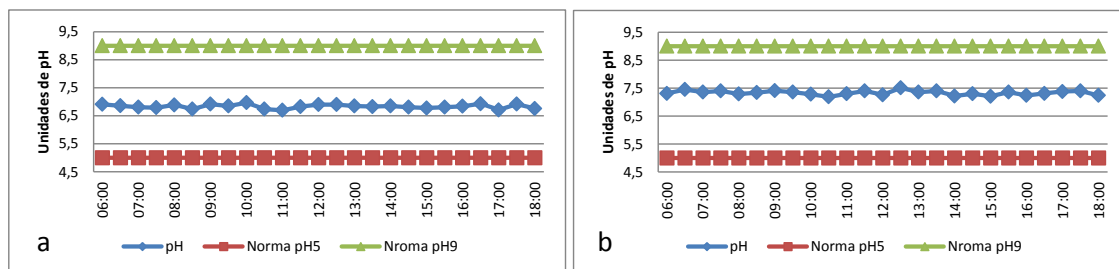


Figura 119. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Tabla 106. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,013	0,00995		
DBO ₅	mg/L	432	108	75,00	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma sólo en el caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	651	176	72,96	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 72,9 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	57	74	-29,82	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	38	<20	47,37	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con el requerimiento.
Sólidos totales	mg/L	603	634	-5,14	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema presenta un aumento del 5,14 % en la concentración del parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	42,3	39,1	7,57	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 7,5 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	1,15	<0,89	22,61	La norma no establece remociones para estos compuestos, aunque se remueve el 22,6% de este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	4,9	2,3	53,06	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema reduce el 53 % de la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	1600000000	6800000	99,58	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	920000000	4500000	99,51	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve el 51 % de la concentración del parámetro.



El análisis de resultados mostró que el sistema presenta deficiencias en la retención de algunos de los parámetros evaluados (los sólidos suspendidos y totales presentan aumento después de pasar por la STAR), otros parámetros están cerca de los límites que indica la norma, por último están los microorganismos cuya retención fue casi del 100 % en el sistema. Esta situación lleva a pensar en procesos que pueden ser optimizados para que todos los parámetros evaluados, aumenten su retención en la STAR y así disminuir las cargas contaminantes en los vertimientos (Tabla 107).

Tabla 107. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	404,35	77,37
DQO	609,34	126,09
Sólidos suspendidos	53,35	53,01
Grasa y aceites	35,57	14,33
Sólidos totales	564,41	454,20
Nitrógeno total	39,59	28,01
Nitratos	1,08	0,64
Fósforo total	4,59	1,65

Tabla 108. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	35	43,6	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	55	67	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	49	<25	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	325	292	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	0,9	1,2	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,28	0,21	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	920000	13000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	33000	7800	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.

La caracterización del cuerpo de agua natural indica un bajo efecto de los vertimientos (Tabla 108), sobre las concentraciones de los parámetros evaluados. Los sólidos en suspensión presentan una reducción después del vertimiento, lo que puede ser efecto del aumento de caudal o de la presencia de barreras y obstáculos o trampas naturales que generan retención. Otro efecto puede ser atribuido a las especies de fauna que aprovechan el ingreso de material particulado, para su ingestión como alimento.

Recomendación: Los procesos de aumento de sólidos en la STAR de este municipio, indican que el sistema presenta algunas deficiencias que en el momento del muestreo, no afectan al medio natural; sin embargo un proceso sistemático de mantenimiento a las instalaciones físicas puede aumentar la eficiencia del mismo, por lo que se recomienda para el sistema.



Municipio de La Jagua de Ibirico.

Según la proyección del DANE (2011), el municipio cuenta con 22.184 habitantes que generan 25 m³ de aguas servidas para su tratamiento. Los perfiles de los parámetros medidos en campo se muestran en las (Figuras 120, 121 y 122). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y concentración de oxígeno del agua (por debajo del valor mínimo de la norma). La Tabla 109 contiene la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio, contiene observaciones sobre el cumplimiento de la norma colombiana sobre vertimientos.

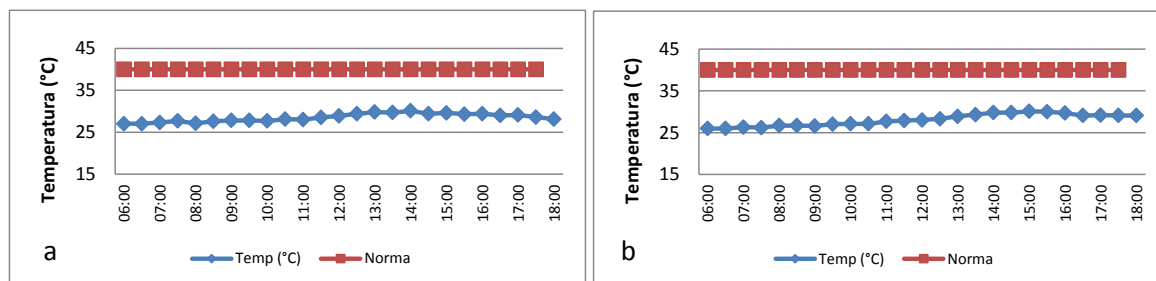


Figura 120. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

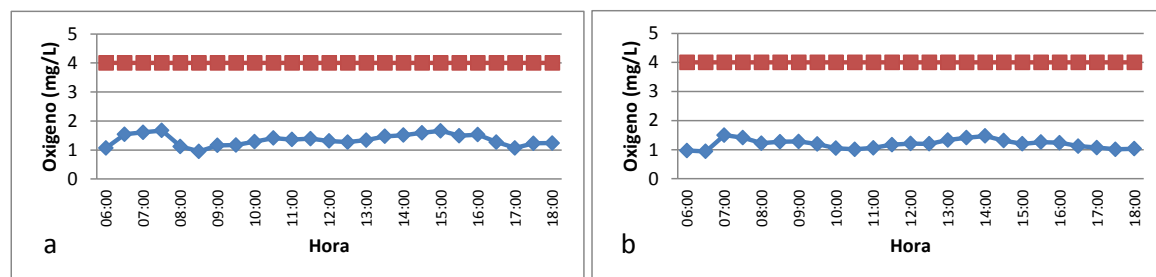


Figura 121. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

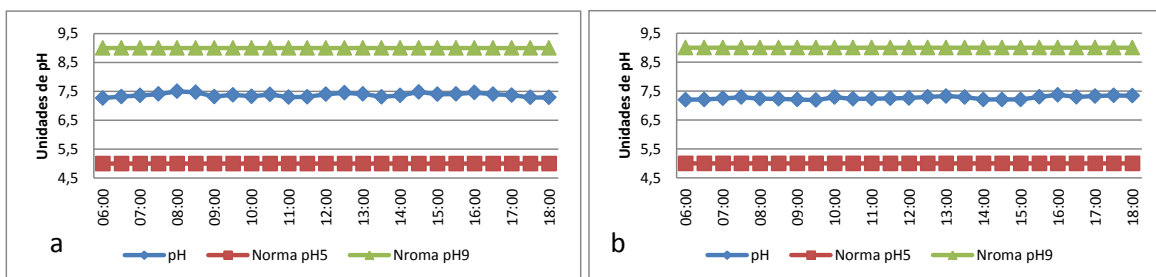


Figura 122. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

El análisis de resultados indicó que el sistema presenta deficiencias en la retención de algunos de los parámetros evaluados (grasas y aceites no cumple con el requisito de norma, los Coliformes fecales presentan aumento después de pasar por la STAR); es típico en sistemas donde se pueden optimizar algunos procesos con mantenimiento, para aumentar la eficiencia en la STAR y así disminuir las cargas contaminantes en los vertimientos (Tabla 110).



Tabla 109. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,025	0,01927		
DBO ₅	mg/L	117	59	49,57	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma sólo en el caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	168	97	42,26	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema remueve un 42,2 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	70	<25	64,29	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito, solo si es usuario existente.
Grasa y aceites	mg/L	58	<20	65,52	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con la norma.
Sólidos totales	mg/L	521	344	33,97	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema reduce el 33,9 % de la concentración del parámetro.
Nitrógeno total	mg/L	17,1	12,7	25,73	La norma no establece remociones para estos compuestos, sin embargo el sistema disminuye 25,7 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	4,5	2,37	47,33	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema reduce el 47,3 % de la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	94000000	49000000	47,87	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 47,8 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	23000000	33000000	-43,48	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema presentó un aumento del 43,4 % de la concentración del parámetro.

Tabla 110. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	210,60	81,86
DQO	302,40	134,58
Sólidos suspendidos	126,00	34,69
Grasa y aceites	104,40	27,75
Sólidos totales	937,80	477,28
Nitrógeno total	30,78	17,62
Nitratos	1,60	1,23
Fósforo total	8,10	3,29

La caracterización del cuerpo de agua natural indicó la influencia de los vertimientos (Tabla 111), sobre las concentraciones de los parámetros evaluados. Los sólidos en suspensión presentan aumento después del vertimiento, lo mismo ocurre con los microorganismos (coliformes). Este caso puede ser evaluado, por diferentes causas que no ayudan en la disminución de la concentración de parámetros; por ejemplo menor caudal de la fuente natural de agua, poca presencia de organismos que consuman la materia orgánica que ingresa desde los vertimientos y por supuesto un caudal mayor de vertimientos que el sistema natural no alcanza a diluir.



Tabla 111. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	12,5	13	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	20	22	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	<25	305	Se evidencia aumento de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	242	727	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	<0,5	25,7	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,22	<0,05	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	32000	13000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	32000	13000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: La fuente receptora de los vertimientos, parece estar afectada por los efluentes del STAR del municipio; se recomienda conocer más detalles del cuerpo de agua natural (caudales, presencia de organismos descomponedores de materia orgánica, etc.) y ajustar algunos parámetros del sistema natural para disminuir la afectación sobre el medio natural.

Municipio de La Paz.

La proyección del DANE (2011), para el municipio dice que el municipio cuenta con 22.522 habitantes que generan 78 m³ de aguas servidas para su tratamiento. Los perfiles de los parámetros medidos en campo se muestran en las (Figuras 123, 124 y 125). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y concentración de oxígeno del agua (por debajo del valor mínimo de la norma). La Tabla 112 contiene la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio, contiene observaciones sobre el cumplimiento de la norma colombiana sobre vertimientos.

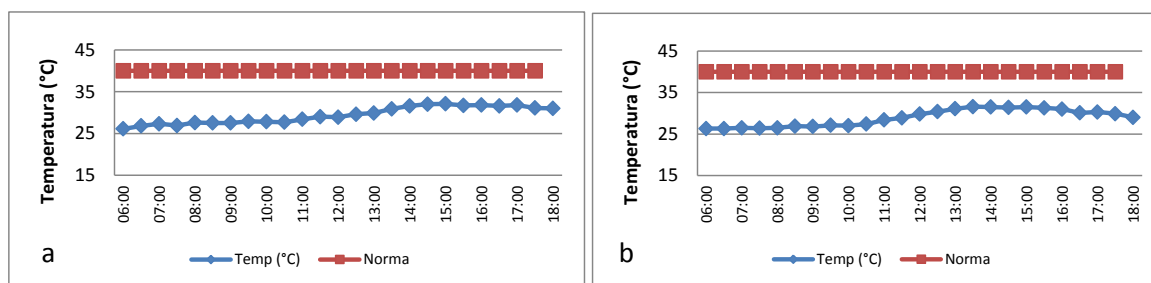


Figura 123. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

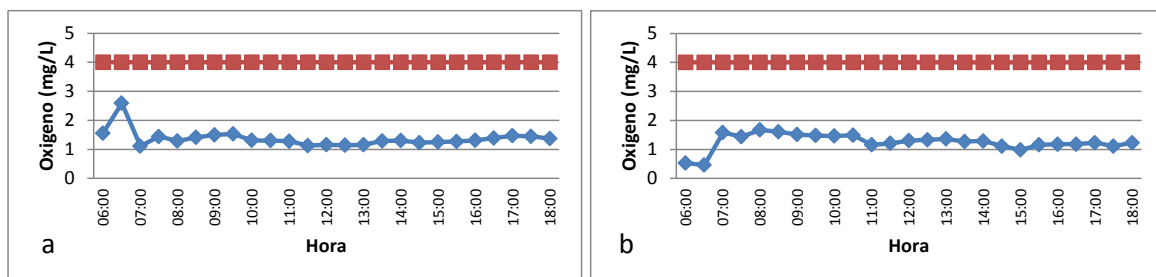


Figura 124. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

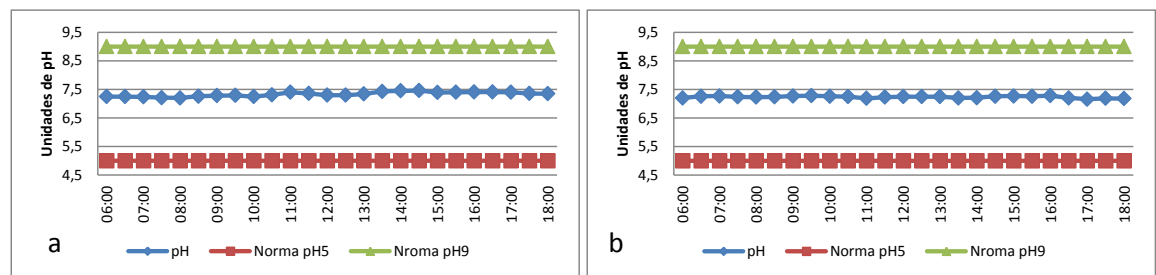


Figura 125. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Tabla 112. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,078	0,065		
DBO ₅	mg/L	150	193	-28,67	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema no cumple con la norma de retener y por el contrario genera un aumento del 28,6% en su salida.
DQO	mg/L	217	288	-32,72	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema genera un aumento del 32,7 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	26	177	3,85	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema no cumple con el requisito, solo remueve el 3,8% de la concentración.
Grasa y aceites	mg/L	46	24	56,52	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con la norma.
Sólidos totales	mg/L	441	694	-57,37	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta la concentración del parámetro en 57,3 %.
Nitrógeno total	mg/L	17	21,6	-27,06	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta el 27 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	2,73	3,32	-21,61	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema aumenta el 21,6 % la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	35000000	13000000	62,86	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 62,8 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	79000000	49000000	37,97	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema presentó un aumento del 37,9 % de la concentración del parámetro.



El análisis de resultados indicó que el sistema presenta deficiencias marcadas en su funcionamiento, ya que varios parámetros aumentan su concentración en la salida del sistema; esto ocurre porque el sistema no tiene un buen mantenimiento y se acumula materia orgánica en las lagunas de oxidación donde se genera el aumento de las concentraciones. La única opción para optimizar el proceso en la STAR es el mantenimiento riguroso y seguimiento de la capacidad de retención de las cargas contaminantes (Tabla 113).

Tabla 113. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	842,40	903,24
DQO	1218,67	1347,84
Sólidos suspendidos	146,02	828,36
Grasa y aceites	258,34	112,32
Sólidos totales	2476,66	3247,92
Nitrógeno total	95,47	101,09
Nitratos	5,00	4,17
Fósforo total	15,33	15,54

La caracterización del cuerpo de agua natural indicó la influencia de los vertimientos (Tabla 114), sobre las concentraciones de los parámetros evaluados en el río Cesar. Debido a los caudales que se presentan en el río, parámetros como el nitrógeno total presentan disminución aunque los contenidos de microorganismos que trae el río, contribuyen a disminuir los nutrientes inorgánicos. Debido a que el río Cesar recibe los vertimientos de otros municipios y poblados, su cuidado debe ser una prioridad, por lo que la recomendación obvia es que el sistema de tratamiento de La Paz sea reacondicionado totalmente.

Tabla 114. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	17	22,5	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	24	32	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	32	31	Se evidencia poca variación de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	301	335	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	23	4,8	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,29	1,24	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	79000	49000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	13000	23000	Se evidencia aumento de la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: El sistema de tratamiento del municipio no está funcionando, debe ser reacondicionado para evitar los vertimientos que aumentan concentraciones de parámetros en la salida de la STAR.



Municipio de Pailitas.

La proyección del DANE (2011), para el municipio dice que el municipio cuenta con 16.710 habitantes que generan 36 m³ de aguas servidas para su tratamiento. Los perfiles de los parámetros medidos en campo se muestran en las (Figuras 126, 127 y 128). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y concentración de oxígeno del agua (por debajo del valor mínimo de la norma). La Tabla 115 presenta la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio.

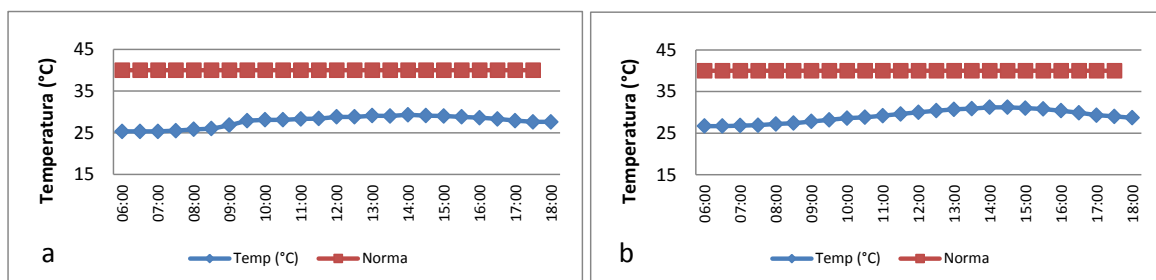


Figura 126. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

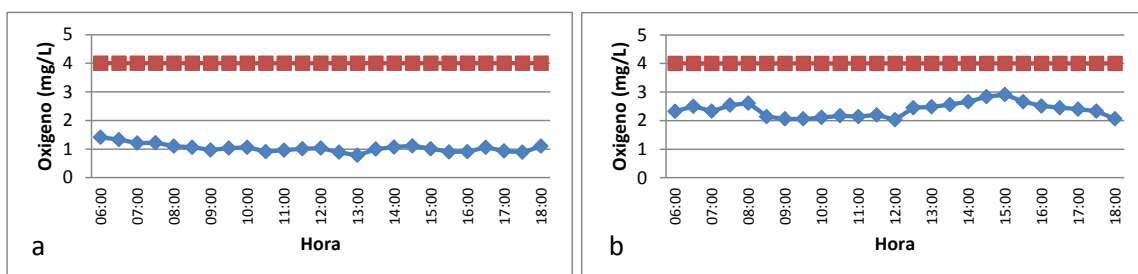


Figura 127. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

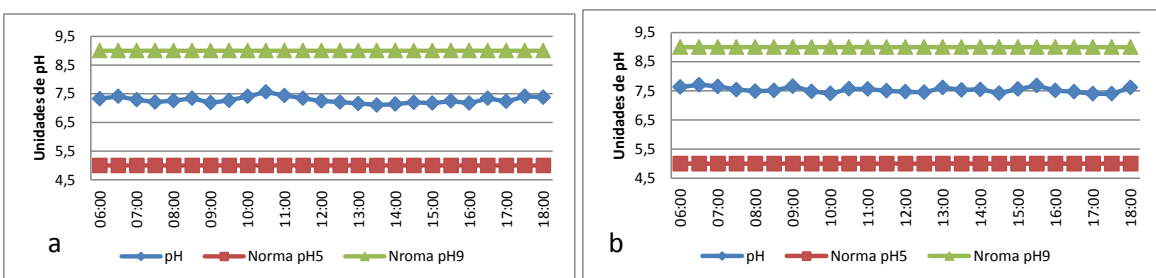


Figura 128. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

El análisis de resultados indicó que el sistema presenta disminución en la retención de nutrientes inorgánicos y sólidos totales, que en la salida del sistema aumentan su concentración en la salida del sistema; esto ocurre porque el sistema no tiene un buen mantenimiento y se acumula materia orgánica en las lagunas de oxidación donde se genera el aumento de las concentraciones. La opción mejorar el proceso en la STAR, mediante mantenimientos y seguimiento constantes a la capacidad de retención de las cargas contaminantes (Tabla 116).



Tabla 115. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,036	0,030		
DBO ₅	mg/L	170,2	34,5	79,73	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma solo en caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	266	54	79,70	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema genera un aumento del 79,7 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	252	26	90,08	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	64	24	68,75	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con la norma.
Sólidos totales	mg/L	2985	3572	-19,66	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta la concentración del parámetro en 19,6 %.
Nitrógeno total	mg/L	8,5	25,8	-203,53	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta en más del 200 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	1,8	5,3	-194,44	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema aumenta el 194 % la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	92000000	4000000	99,57	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	23000000	2000000	91,30	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema presentó remoción del 91,3 % en la concentración del parámetro.

Tabla 116. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	441,16	74,52
DQO	689,47	116,64
Sólidos suspendidos	653,18	56,16
Grasa y aceites	165,89	51,84
Sólidos totales	7737,12	7715,52
Nitrógeno total	22,03	55,73
Nitratos	2,31	1,92
Fósforo total	4,67	11,45

La caracterización del cuerpo de agua natural mostró influencias de los vertimientos (Tabla 117), sobre las concentraciones de los parámetros evaluados en el receptor, sobre todo en los sólidos suspendidos. Esto sugiere que ajustes al proceso que se cumple en las lagunas de oxidación, puede mejorar la retención de las concentraciones.



Tabla 117. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	11,5	16,6	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	18	26	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	26	88	Se evidencia poca variación de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	2912	3173	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	5	7,8	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,74	13	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	17000	4500	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	13000	4500	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: El problema de este STAR es la retención de sólidos, se recomienda que el sistema sea sometido a mantenimiento y mejoras en la infraestructura (previo estudio técnico), para aumentar su eficiencia.

Municipio de Pelaya.

La proyección del DANE (2011), para el municipio dice que el municipio cuenta con 17.401 habitantes que generan 22 m³ de aguas servidas para su tratamiento. Los perfiles de los parámetros medidos en campo se muestran en las (Figuras 129, 130 y 131). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y concentración de oxígeno del agua (por debajo del valor mínimo de la norma, aunque cerca). La Tabla 118 presenta la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio.

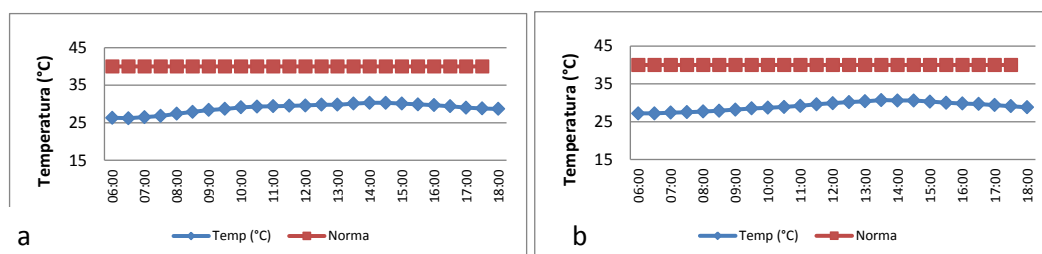


Figura 129. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

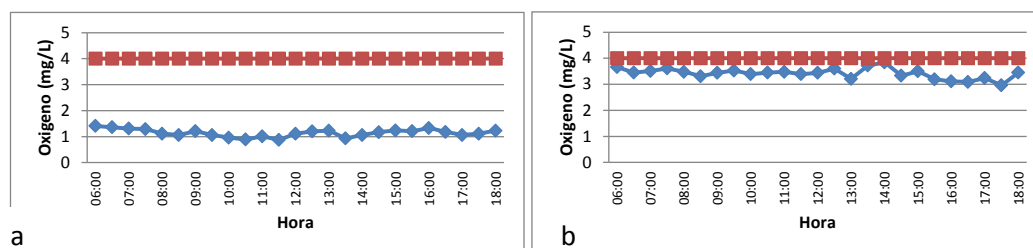


Figura 130. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

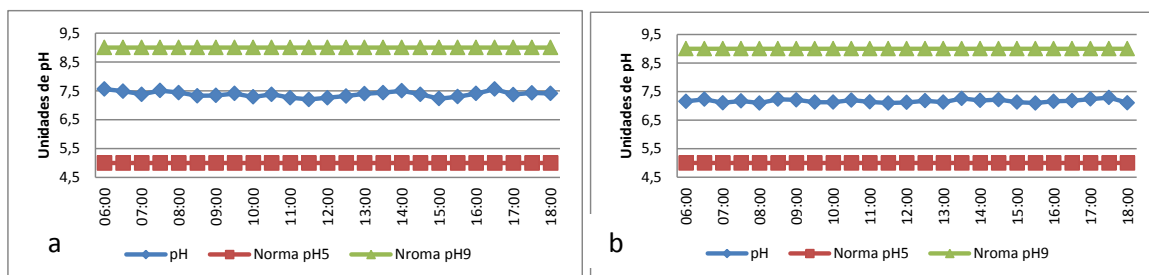


Figura 131. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

Tabla 118. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,022	0,01707		
DBO ₅	mg/L	70	23,6	66,29	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma solo en caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	108	37	65,74	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema genera un aumento del 65,7 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	359	160	93,04	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	52	23	61,54	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con la norma.
Sólidos totales	mg/L	546	276	49,45	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta la concentración del parámetro en 49,4 %.
Nitrógeno total	mg/L	29,5	28,8	2,37	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema solo retiene el 2,37 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,86	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	4,2	4	4,76	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema reduce el 4,7 % la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	160000000 0	4000000	99,75	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 99,7 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	540000000	2000000	99,63	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema presentó remoción del 99,6 % en la concentración del parámetro.

El análisis de resultados indicó que el sistema presenta buena retención en la mayoría de los parámetros medidos que salen del sistema; pero la medición de grasas y aceites indica que no cumple con la norma, por lo que se deberán realizar los ajustes necesarios en el sistema para alcanzar la meta de la norma. El seguimiento mediante un programa, a la capacidad de retención de las cargas contaminantes deberá establecerse con el fin de no aumentar las cargas contaminantes (Tabla 119).



Tabla 119. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	110,88	29,01
DQO	171,07	45,47
Sólidos suspendidos	568,66	196,65
Grasa y aceites	82,37	28,27
Sólidos totales	864,86	339,22
Nitrógeno total	46,73	35,40
Nitratos	1,41	1,09
Fósforo total	6,65	4,92

La caracterización del cuerpo de agua natural mostró influencia de los vertimientos (Tabla 120), sobre las concentraciones de los parámetros evaluados en el receptor; materia orgánica, iones inorgánicos y sólidos son los principales parámetros afectados. Es posible que mejoras y mantenimiento al sistema puedan crear las condiciones para que la retención de contaminantes sea óptima.

Tabla 120. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	<4	14	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	<5	22	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	<25	42	Se evidencia poca variación de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	48	170	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	10,1	21,3	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	2	3,3	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	6800	4000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	4500	2000	Se evidencia disminución de la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: Generalmente un buen mantenimiento y mejoras en la infraestructura pueden aumentar su eficiencia de los sistemas de tratamiento, pero es necesario un mayor conocimiento de las causas que generan las deficiencias para poder solucionar todas las fallas.

Municipio de Pueblo Bello.

La proyección del DANE (2011), para el municipio dice que el municipio cuenta con 20.154 habitantes que generan 30 m³ de aguas servidas para su tratamiento. Los perfiles de los parámetros medidos en campo se muestran en las (Figuras 132, 133 y 134). La temperatura (dentro del rango de la norma), pH (en rangos normales) y concentración de oxígeno del agua (por debajo del valor mínimo de la norma, aunque cerca). La Tabla 121 presenta la información de la caracterización de las aguas que ingresan y salen al STAR del municipio.

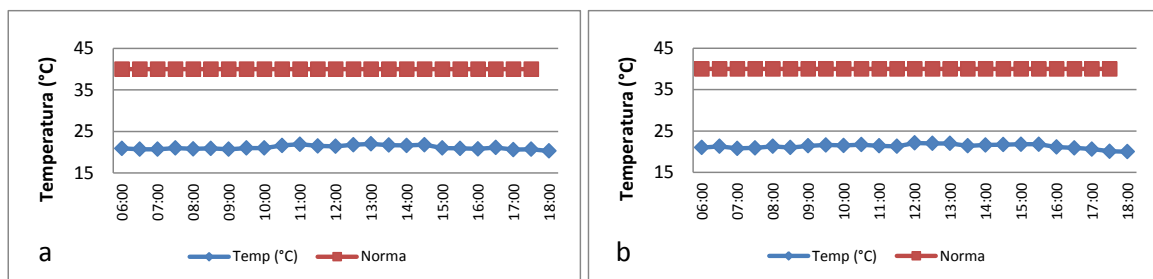


Figura 132. Perfiles de la temperatura del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

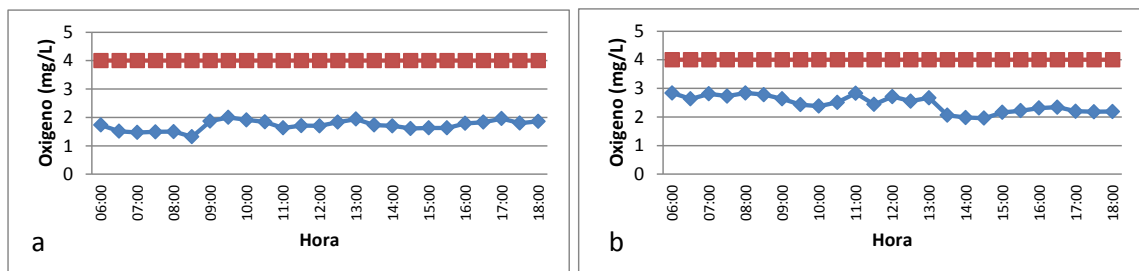


Figura 133. Perfiles del oxígeno disuelto del agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

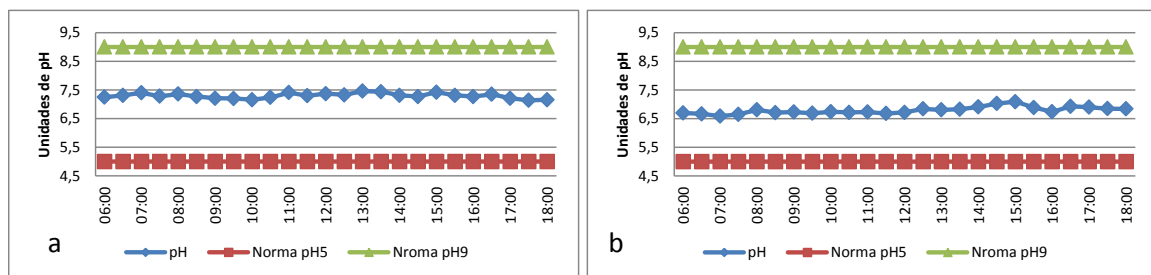


Figura 134. Perfiles del valor de pH en el agua en la entrada (a) y salida (b) del sistema de tratamiento en la empresa encargada de prestar el servicio.

El análisis de resultados indicó que el sistema presenta deficiencias en retención de algunos parámetros medidos que salen del sistema; los iones inorgánicos y los sólidos son los que presentan aumento dentro del sistema. Es probable que si se hacen ajustes o mantenimientos a la infraestructura se pueda corregir el aumento en las cargas contaminantes (Tabla 122).



Tabla 121. Resultados de los análisis de las aguas en el sistema de tratamiento de la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Unidad	Entrada STAR	Salida STAR	Eficiencia del sistema % de remoción / incremento	Observaciones
Caudal	m ³ /s	0,030	0,025		
DBO ₅	mg/L	198,4	55	72,28	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 20 % a los usuarios existentes para estos compuestos. El sistema cumple con la norma solo en caso de ser usuario existente.
DQO	mg/L	310	86	72,26	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema genera un aumento del 72,2 % de la concentración del parámetro.
Sólidos suspendidos	mg/L	659	88	96,21	La norma establece una remoción > 80% en carga para usuarios nuevos y > 50 % a los usuarios existentes para estos compuestos. La remoción en concentración para el sistema cumple con el requisito.
Grasa y aceites	mg/L	77	23	74,03	La norma establece una remoción > 80% en carga tanto para usuarios nuevos como los existentes. El sistema no cumple con la norma.
Sólidos totales	mg/L	17235	17368	-0,77	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema aumenta la concentración del parámetro en 0,7 %.
Nitrógeno total	mg/L	13,9	16,9	-21,58	La norma no establece remociones para estos compuestos. El sistema no retiene y aumenta el 21,5 % la concentración del parámetro.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	0,00	La norma no establece remociones para estos compuestos. No se detectó este parámetro en el sistema.
Fósforo total	mg/L	3,2	4,7	-46,88	La norma no establece remociones para estos compuestos, el sistema aumenta el 46,8 % la concentración del parámetro.
Coliformes totales	NMP/mL	32000000	20000000	37,50	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema remueve un 37,5 % para este parámetro.
Coliformes fecales	NMP/mL	26000000	20000000	23,08	La norma no establece remociones para estos organismos, sin embargo el sistema presentó remoción del 23 % en la concentración del parámetro.

Tabla 122. Cálculo de la carga contaminante para la empresa encargada de prestar el servicio.

Parámetro	Carga contaminante (Kg/día)	
DBO ₅	428,54	99,00
DQO	669,60	154,80
Sólidos suspendidos	1423,44	158,40
Grasa y aceites	166,32	41,40
Sólidos totales	37227,60	31262,40
Nitrógeno total	30,02	30,42
Nitratos	1,92	1,60
Fósforo total	6,91	8,46

La caracterización del cuerpo de agua natural mostró que los sólidos ejercen la mayor influencia de los vertimientos (Tabla 123), por lo que es necesario que se tomen medidas para mejorar la retención de los mismos.



Tabla 123. Características del cuerpo de agua natural antes del vertimiento.

Parámetro	Unidad	Rio Arriba	Rio abajo	Observaciones
DBO ₅	mg/L	<4	5,1	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
DQO	mg/L	6	8	Se evidencia aumento de las concentraciones del parámetro después del vertimiento.
Sólidos suspendidos	mg/L	<25	<25	No se detectó variación de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Grasa y aceites	mg/L	<20	<20	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Sólidos totales	mg/L	240	17868	Se evidencia aumento en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitrógeno total	mg/L	2,1	<0,5	Se evidencia reducción en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Nitratos	mg/L	<0,89	<0,89	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Fósforo total	mg/L	0,51	<0,05	Se evidencia disminución en la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes totales	NMP/mL	200	400	Se evidencia aumento de la concentración del parámetro después del vertimiento.
Coliformes fecales	NMP/mL	200	200	No hay cambios en la concentración del parámetro después del vertimiento.

Recomendación: Se recomienda revisar muy bien las causas de las fallas en la retención de sólidos, para que las medidas de corrección sean lo más eficientes posible. Un programa de seguimiento y mantenimiento es deseable a fin que las concentraciones de parámetros en la salida del sistema, no se aumenten.

En la Tabla 124 se realiza un análisis del cumplimiento del acuerdo de consejo directivo # 013 de diciembre 16 del 2008, en cada tramo municipal del departamento del Cesar, donde se encontró información completa para los cálculos.

La Tabla evidencia que de los 34 tramos comparados, solo 7 de ellos cumplen con la reducción planteada (el 20,5 % de los municipios de la tabla), los demás no sólo están fallando sino que además presentan aumentos considerables de cargas en la DBO₅ y los sólidos en suspensión, lo que indican un problema de continuidad en los programas de mejoras y vigilancia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR). Esta situación es difícil para los planes de reducción de las cargas contaminantes a las fuentes naturales de agua, por lo que los seguimientos a los mismos no se pueden disminuir, además de hacer seguimiento a los procesos de mantenimiento que se realizan a las STAR. Durante las visitas realizadas para la toma de muestras en los diferentes STAR de las municipalidades y corregimientos, se evidenció que muchos de ellos sólo son lagunas que reciben las aguas residuales, sin que existan mantenimiento u operarios que realicen control de los procesos; muchos de los responsables entrevistados, expresaron la dificultad de mantener operarios de nivel técnico, para realizar labores de mantenimiento, incluso algunos municipios no presentan personal alguno que se dedique a la actividad de control de estos sistemas.



Tabla 123. Comparación de los cumplimientos de las metas consignadas en el acuerdo 013 del 2008.

Tramo	Parámetro	Carga Actual (Kg/año)	Reducción esperada		Carga meta al final del quinqueno (Kg/año)	Carga año 2011 (Kg/año)	Cumplimiento de meta		Comentarios
			%	(Kg/año)			Si-No	%	
Valledupar- Guatapuri	DBO ₅	911.429	12	109.371	802.357	637.421	Si	69,94	Este valor representa el 70% menos de la carga que se vertía.
	SST	675.027	12	81.003	594.024	437.825	Si	64,86	Este valor representa el 65% menos de la carga que se vertía.
Valledupar- La Paz	DBO ₅	5.224.646	12	626.957	4.597.688	2.207.520	Si	42,25	Este valor representa el 42% menos de la carga que se vertía.
	SST	975.287	12	117.034	858.253	1.410.237	No	144,60	Este valor representa un aumento del 44% de la carga que se vertía.
Becerril	DBO ₅	9.552	30	2.866	6.687	163.967	No	1716,57	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	7.518	30	2.255	5.263	182.163	No	2423,02	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
La jagua de Ibirico- La Sororia	DBO ₅	7.492	40	2.997	4.495	29.879	No	398,81	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	7.618	40	3.047	4.571	174.207	No	2286,78	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Astrea	DBO ₅	11.805	30	3.542	8.264	25.149	No	213,03	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	15.740	30	4.722	11.018	276.192	No	1754,71	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
El Paso	DBO ₅	8.167	30	2.450	5.717	10.052	No	123,08	Este valor representa un aumento del 23% de la carga que se vertía.
	SST	20.121	30	6.036	14.085	171.477	No	852,23	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Bosconia	DBO ₅	90.327	30	27.098	63.229	24.973	Si	27,65	Este valor representa el 27% menos de la carga que se vertía.
	SST	84.306	30	25.292	59.014	209.886	No	248,96	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Pueblo Bello- R.Ariguani	DBO ₅	5.860	20	1.172	4.688	36135	No	616,64	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	3.809	20	762	3.047	11410776	No	299574,06	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
El Copey	DBO ₅	20.929	35	7.325	13.604	65.674	No	313,80	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	3.562	35	1.247	2.315	315.123	No	8846,79	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Chimichagua	DBO ₅	47.287	85	40.192	7.093	43.362	No	107,30	Este valor representa un aumento del 7% de la carga que se vertía.
	SST	39.404	85	33.493	5.911	145.854	No	370,15	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Agustin Codazzi	DBO ₅	21.351	25	5.338	16.013	166.966	No	782,00	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.



Tramo	Parámetro	Carga Actual (Kg/año)	Reducción esperada		Carga meta al final del quinqueno (Kg/año)	Carga año 2011 (Kg/año)	Cumplimiento de meta		Comentarios
			%	(Kg/año)			SI-No	%	
	SST	15.977	25	3.994	11.983	1.001.797	No	6270,25	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Pailitas	DBO ₅	28.432	20	5.686	22.746	27.200	Si	95,67	Este valor representa el 4,3% menos de la carga que se vertía.
	SST	57.888	20	11.578	46.310	2.816.165	No	4864,85	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Pelaya	DBO ₅	31.505	25	7.876	23.629	10.589	No	66,39	Este valor representa el 66% menos de la carga que se vertía.
	SST	39.852	25	9.963	29.889	123.815	No	310,69	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
Aguachica- Q. El Cristo	DBO ₅	164.395	35	57.538	106.857	9.181	Si	5,58	Este valor representa el 5,5% menos de la carga que se vertía.
	SST	199.162	35	69.707	129.456	146.154	No	26,62	Este valor representa un aumento del 26% de la carga que se vertía.
Aguachica- Q. El Pital	DBO ₅	53.666	35	18.783	34.883	10.099	Si	18,82	Este valor representa el 18% menos de la carga que se vertía.
	SST	66.387	35	23.236	43.152	92.979	No	140,06	Este valor representa un aumento del 40% de la carga que se vertía.
La Gloria	DBO ₅	17.255	30	5.177	12.079	28.240	No	163,66	Este valor representa un aumento del 63% de la carga que se vertía.
	SST	1.255	30	377	879	165.783	No	13209,80	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
San Alberto	DBO ₅	24.830	25	6.208	18.623	25.228.800	No	101606,12	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.
	SST	32.590	25	8.148	24.443	23.042.304	No	70703,60	Este valor representa un aumento importante de la carga que se vertía.



RECOMENDACIONES

Dentro de las actividades de visita y recolección de muestras se experimentaron impresiones, actividades y necesidades que se describen a continuación.

El departamento sigue aceptando el establecimiento de nuevas empresas o ampliaciones de las ya existentes, por lo que se requiere no sólo visitar las empresas ya establecidas, sino que es necesario hacer un recorrido de inspección en cada municipio para hacer un inventario de los establecimientos que puedan ser objeto del cobro de la tasa retributiva y controlar mejor los vertimientos de aguas residuales.

Se requiere un seguimiento a los sistemas de tratamiento que presentan cargas altas de materia orgánica, de manera que efectivamente se logre reducir estas descargas a las fuentes naturales de agua.

Se recomienda que las visitas a los establecimientos sobre los que se realizan cobro de la tasa retributiva, aumenten la frecuencia y se genere un programa de sensibilización sobre la manera como los encargados de las empresas deben atender al personal de la corporación. Esta recomendación se hace por las reacciones observadas en algunos establecimientos, donde la labor de toma de muestras fue cuestionada en cuanto a que si la empresa hace los pagos respectivos, se les hace seguimiento anual o periódico, es decir no entienden la filosofía ni el mandato que tiene la corporación en cuanto a los temas de seguimiento.

Las empresas municipales que son parte del consorcio de EMDUPAR, parecen tener problemas con el funcionamiento de los sistemas de tratamiento; generalmente esos sistemas adolecen de mantenimiento, por lo que un programa general de mantenimiento, sería un aporte al inicio de las soluciones de todos los problemas que presentan los sistemas.



BIBLIOGRAFIA.

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de Las Aguas de los Ríos. En: IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería. Volumen II: 203-213.

APHA-AWWA-WPCF, 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 20th edition.

Begon, M., C. Townsend y J. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell Publishing Ltd. Oxford; 700 p.

Borie, B. G., S. Aguilera y P. Peirano. 1999. Actividad biológica en suelos. Frontera Agrícola 5(1-2): 29-32.

Boyer E.W., C.L. Goodale, N.A. Jaworski y R.W. Howarth. 2002. Anthropogenic nitrogen sources and relationships to riverine nitrogen export in the northeastern U.S.A. Biochemistry 57/58: 137–169.

Brooks, G., J. Butel y L.N. Ornston. 1992. Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. 14a ed. México: Manual Moderno. 700 p.

Canter, L. 1998. Manual de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. 2° ed. McGraw-Hill, Madrid. 841 p.

Cantera, J., Y. Carvajal y L. Castro (eds.). 2009 Caudal ambiental; conceptos, experiencias y desafíos. Santiago de Cali, programa editorial de la Universidad del Valle, 325 p.

Carvajal, Y. 2009. Régimen del caudal ambiental en el marco de la gestión integrada del recurso hídrico. En: J. Cantera, Y. Carvajal y L. Castro eds.: Caudal ambiental; conceptos, experiencias y desafíos. Santiago de Cali, programa editorial de la Universidad del Valle, Capítulo 1, 11 – 28 p.

EPA. 2002. Guidelines for Ensuring and Maximizing the Quality, Objectivity, Utility, and Integrity, of Information Disseminated by the Environmental Protection Agency. Washington, 57 p.

Espinoza, G. 2001. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo – BID, Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Santiago, 186 p.

Esteves, F., 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencia Ltda., Río de Janeiro, Brasil.

García, M., F. Sánchez, R. Marín, H. Guzmán, N. verdugo, E. Domínguez, O. Vargas, L. Panizzo, N. Sánchez, J. Gómez y G. Cortéz. 2001. El agua. En: P. Leyva (editor), El medio ambiente en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (Capítulo 4).



Garay, J.; G. Ramirez, J. Betancourt, B. Marin, B. Cadavid, L. Panizzo, L. Lesmes, J. Sanchez, y A. Franco. 2003. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR, Santa Marta, 177p. (Serie Documentos Generales N° 13).

GWP (Global Water Partnership), TAC (Comité de Consejo Técnico). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. TEC background papers 4, Estocolmo. 74 p.

GWP (Global Water Partnership), TAC (Comité de Consejo Técnico). 2010. La Gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: efectos anticipados y respuestas esenciales. TEC background papers 14, Estocolmo. 101 p.

IDEAM. 2004. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM, Bogotá. 37 p.

IDEAM. 2005. Atlas climatológico de Colombia. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, 218 p.

IDEAM. 2007. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, 162 p.

IDEAM (ed). 2010a. Segunda comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Scripto Ltda. Bogotá, 408 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1993. Cesar: Características geográficas. Antares Ltda. Bogotá, 155 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. 2002. Atlas de Colombia. 5ta ed. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, 342 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial - MAVDT. 2003. Decreto 3100. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. 12 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial - MAVDT. 2010. Decreto 3930. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI -Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. 29 p.

MinSalud (Ministerio de Salud). 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 61 Pág.

Mongay C. y Cerdá, V. 2004. Fundamentos de Química Analítica. Universitat de Les Illes Balears, Palma.

República Dominicana-Secretaría de estado de medio ambiente y recursos naturales. 2000. Normas de calidad de agua y control de descargas. 48 p.



- Roldán, G. 1997. Los Macroinvertebrados como indicadores de la Calidad del Agua. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del Valle.
- Roldán, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como Indicadores de la Calidad del Agua. En: Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas Física y Naturales. Vol. XXIII (88): 375-387.
- Roldán, G. y E. Ruiz. 2001. Development of Limnology in Colombia. Wetzel, R. G. Editors. International Association for Limnology (SIL). Vol: 3.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 182 pp.
- Romero R. y I.F. Herrera. 2002. Síndrome Diarreico Infeccioso. Editorial Medica Panamericana, México. 682 p.
- Romero R. 2007. Microbiología y parasitología humana. 3ra ed. Editorial Médica Panamericana. México. 1789 p.
- Salas, A. 2003. Inventario de la situación actual de las aguas residuales domésticas en Colombia. Proyecto Regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002. Lima, 30 p.
- Sierra, C. 2011. Calidad del agua; evaluación y diagnóstico. Ed. De la U. 457 p.
- Vásquez, G. 2009. Calidad de las aguas naturales en relación con el regimen de caudal ambiental. En: J. Cantera, Y. Carvajal y L. Castro eds.: Caudal ambiental; conceptos, experiencias y desafíos. Santiago de Cali, programa editorial de la Universidad del Valle, Capitulo 6, 137 – 166 p.



ANEXOS