

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS
VERTIMIENTOS DE TIPO DOMÉSTICO GENERADOS POR EL ÁREA URBANA
EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL, PINCHOTE Y PÁRAMO SOBRE LA
CUENCA DEL RÍO FONCE.**

**LISETH VIVIANA GONZÁLEZ GIL
JERSON LARROTA VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS
VERTIMIENTOS DE TIPO DOMÉSTICO GENERADOS POR EL ÁREA URBANA
EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL, PINCHOTE Y PÁRAMO SOBRE LA
CUENCA DEL RÍO FONCE.**

**LISETH VIVIANA GONZÁLEZ GIL
JERSON LARROTA VARGAS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Químico**

**Director
LUIS JAVIER LÓPEZ
Ingeniero Químico Ph. D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2011

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA DEL RÍO FONCE	16
1.2. CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA.....	17
1.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS OBJETO DE ESTUDIO	18
1.3.1 Municipio de Páramo	18
1.3.2 Municipio de Pinchote	18
1.3.3 Municipio de San Gil.....	19
1.4 MARCO LEGAL	20
2. METODOLOGÍA	24
2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	24
2.2. SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	24
2.2.1. Puntos de Muestreo para Descarga	24
2.2.2. Puntos de Muestreo para Aguas Receptoras.....	24
2.3. TOMA DE MUESTRAS Y PRUEBAS DE CARACTERIZACION DEL AGUA	25
2.3.1 Muestreo.....	25
2.3.2 Pruebas <i>in situ</i>	25
2.3.3 Pruebas de laboratorio	25
2.4 SISTEMATIZACIÓN DE DATOS	26
2.5 CONSTRUCCIÓN DE MAPAS.....	30

2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
3.1. MUNICIPIO DE PÁRAMO.....	31
3.2. MUNICIPIO PINCHOTE.....	34
3.3. MUNICIPIO SAN GIL.....	37
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de Santander.</i>	16
<i>Figura 2. Mapa puntos de muestreo.</i>	31
<i>Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de Páramo.</i>	32
<i>Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de Pinchote.</i>	35
<i>Figura 5. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de San Gil.</i>	37

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Distribución demográfica del área urbana de los municipios considerados.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Valores Máximos permitidos para los vertimientos que pueden ser susceptibles a potabilización.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3. Artículo 10. Límites permisibles para los diferentes usos de las aguas superficiales.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4. Parámetros analizados en el laboratorio.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5. Parámetros y pesos relativos considerados en el cálculo del ICA.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6. Ecuaciones de los parámetros evaluados en el ICA.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Escala de calidad del agua.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8. Parámetros utilizados.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA municipio de Páramo.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 10. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el municipio de Páramo.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 11. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA Municipio de Pinchote.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el Municipio de Pinchote.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 13. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA Municipio de San Gil.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el Municipio de San Gil.</i>	<i>38</i>

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS DE TIPO DOMÉSTICO GENERADOS POR EL ÁREA URBANA EN LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL, PINCHOTE Y PÁRAMO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO FONCE*

AUTORES: Liseth Viviana González Gil, Jerson Larrota Vargas**

PALABRAS CLAVES: Contaminación doméstica, fuentes de agua, Índice de Calidad del Agua (ICA), clases de usos del agua

DESCRIPCIÓN:

El agua es el recurso natural más importante por su papel fundamental para la vida. Sin embargo, la descarga continua de desechos en los afluentes de agua es un problema grave por su impacto sobre la salud humana; el deterioro de la calidad de vida.

La comunidad internacional ha desarrollado diferentes herramientas para evaluar el impacto de estas descargas sobre el agua. Los Índices de Calidad del Agua (ICA), son uno de los métodos más empleados. Los ICA reducen los datos de campo y laboratorio a un simple valor numérico de cero a uno, lo cual permite clasificar la calidad del agua de forma ascendente en una de las siguientes categorías: pésima, inadecuada, dudosa, buena y óptima.

A nivel nacional, esta herramienta ha sido empleada por el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) para diagnosticar la calidad de agua en fuentes superficiales en diferentes regiones del país. Sin embargo, según el SIAC, no existe información sobre la situación actual del agua en la cuenca del río Fonce. Ésta es una de las fuentes de agua más importantes por su caudal y extensión para el departamento de Santander. Desafortunadamente presenta un grave problema ambiental por el manejo inapropiado de aguas residuales y falta de control en el tratamiento de éstas.

La cuenca del río Fonce está conformada por diez municipios de los que se escogieron tres: Páramo, Pinchote y San Gil, los cuales son un ejemplo claro de la problemática. Este trabajo busca diagnosticar la situación actual del agua en estos municipios de acuerdo al ICA y la legislación vigente. Así mismo, se pretende que los resultados obtenidos sirvan a las instituciones de control para la toma de decisiones que permita proteger los recursos hídricos salvaguardando así la salud pública.

* Práctica Empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela Ingeniería Química.

Director: Ingeniero Químico Ph.D. Luis Javier López Giraldo. Codirector: Biólogo Juan Agustín Gualdrón, Corporación de Tecnologías Ambientales Sostenibles

ABSTRACT

TITLE: Diagnosis and assessment of the current situation of the domestic waste from the urban areas of San Gil, Pinchote and Páramo into Río Fonce Basin.

AUTHORS: Liseth Viviana González Gil, Jerson Larrota Vargas**

KEYWORDS: Domestic Pollution, Water Sources, Water Quality Index (ICA), Kinds of Uses for Water.

DESCRIPTION:

Due to its role in life, water is the most important natural resource. However, continuous discharges of waste into the water are a serious problem due to its impact on human life, thus, affecting life quality.

The International Community has developed different tools to assess the impact this discharges have on water. The Water Quality Index (ICA, for its Spanish acronym) is one of the most used methods. The ICA reduces field and lab data to pure numbers between zero and one, which allows classifying water quality in an ascendant way in one of the following categories: poor, inadequate, dubious and optimal.

Nationally, this method has been used by the Colombian Environmental Information System (SIAC, idem) to diagnose water quality in superficial water sources from different regions of the country. However, according to SIAC data, there is no information on the current water situation in the Río Fonce Basin. For its caudal and extension, Río Fonce is one of the most important water sources in Santander. Unfortunately, it suffers a serious environmental risk due to poor waste water management and lack of control by the State.

Río Fonce Basin is formed by ten different municipal jurisdictions. Three of these were chosen Páramo, Pinchote and San Gil, being great sample subjects of the issue. This project intends to diagnose the current water situation in these different locations according to the ICA and in compliance with the laws in force. The final scope of the project is for its results to be useful for official controlling institutions in order to protect water resources, thus enhancing public health.

* In Field Practice

** Faculty of Physical and Chemical Engineering. Chemical Engineering Department.

Director: Luis Javier López Giraldo, Ph.D. Co-director: Juan Agustín Gualdrón, Biologist, Sustainable Environmental Technologies Corporation.

GLOSARIO

Las definiciones de los términos que se emplearán a lo largo de este trabajo, son las comúnmente aceptadas según el marco legal (Decreto 3930 de 2010) actualmente vigente y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).

- **Aguas servidas.** Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.
- **Cauce natural.** Faja de terreno que ocupa las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias.
- **Cuerpo de agua.** Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físico-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.
- **Muestra puntual.** Es la muestra individual representativa en un determinado momento.
- **Punto de control del vertimiento.** Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.
- **Punto de descarga.** Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.
- **Recurso hídrico.** Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y

marinas.

- **Toxicidad.** Propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daño a la salud humana o la muerte de un organismo vivo.
- **Vertimiento.** Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.
- **Vertimiento puntual.** El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.
- **Afluente.** Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.
- **Efluente.** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- **Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%O₂).** Es un concepto equivalente al de saturación de oxígeno. Es el porcentaje máximo de oxígeno que puede disolverse en el agua a una presión y a una temperatura determinada.
- **Alcantarillado de aguas combinadas.** Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha evidenciado un impacto negativo en las cuencas hidrográficas por causa de los problemas de contaminación que son un tema diario. Entre las principales causas de contaminación se encuentran las relacionadas con actividades económicas que incluyen entre otras: *(i) el turismo, (ii) la deforestación producto de la ampliación de zonas cultivables y (iii) el vertimiento de materiales sólidos y líquidos de tipo doméstico, comercial e industrial* [27]. Todo lo anterior ocasiona que se descarguen cada minuto en los ríos y quebradas, aguas contaminadas con sustancias tóxicas, corrosivas, patógenas, abrasivas y mutagénicas, que generan problemas de salubridad y malos olores [28]. El problema se acentúa en épocas de verano donde los ríos exceden la capacidad de asimilación de estos contaminantes, se altera la naturaleza del agua receptora y deja de ser adecuada para sus diferentes usos [26], ocasionando que la oferta hídrica sea cada vez más escasa y su mantenimiento insostenible.

La cuenca del río Fonce es una de las más importantes fuentes hídricas de Santander por su caudal y por su extensión, pero presenta una problemática ambiental originada por el manejo inapropiado de los recursos naturales y la explotación insostenible de los mismos [4]. A esta problemática se le suma el manejo inadecuado de las aguas servidas de uso doméstico e industrial, la falta de control en las operaciones y procesos unitarios y en la infraestructura desgastada de las plantas de tratamiento. Lo anteriormente expuesto no es ajeno a los municipios de Páramo, Pinchote y San Gil que conforman la cuenca (intermedia) del río Fonce, es por tal motivo que se hace necesaria una evaluación del estado de dichos vertimientos en el área urbana principalmente, que permita a las autoridades emitir un concepto sobre la calidad del recurso hídrico y controlar la descarga de aguas residuales sobre las fuentes superficiales.

Con el fin de desarrollar estrategias que permitan mantener un equilibrio entre un aprovechamiento socio-económico y la conservación de los recursos físico-bióticos, se inicia un trabajo de diagnóstico que se articula en torno a *(i) La identificación de puntos de descarga críticos sobre la cuenca de río Fonce, (ii) el muestreo puntual y desarrollo de análisis in situ y ex situ y (iii) el tratamiento de la información a través de la variable Índice de Calidad y/o deterioro del agua (ICA)* [27, 3, 2].

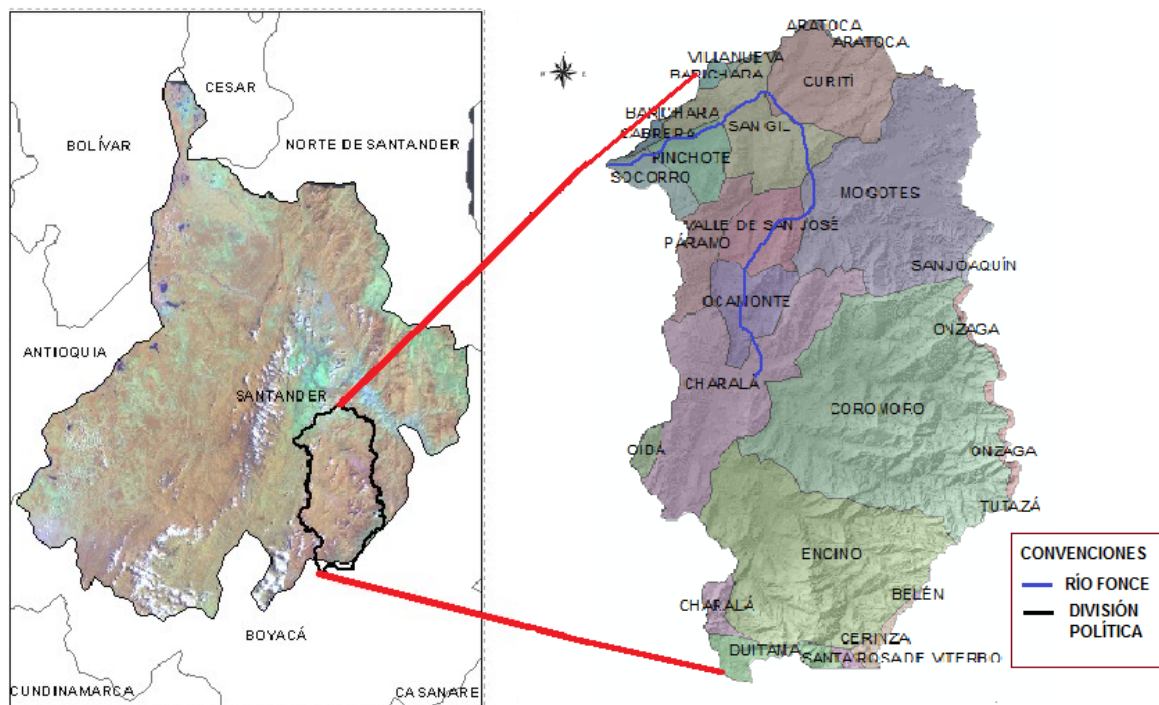
1. MARCO TEÓRICO

1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA DEL RÍO FONCE

La cuenca del río Fonce (Fig. 1) tiene una extensión 239032 Has, nace de la unión de los ríos Taquiza y Pienta y desemboca en el río Suárez en jurisdicción del municipio del Palmar. Baña los municipios de Encino, Coromoro, Charalá, Ocamonte, Páramo, Valle de San José, Mogotes, Curití, Pinchote y San Gil todos de la provincia Guanentina, en los que habitan 106148 habitantes. Hacen parte de esta importante cuenca hidrográfica los ríos: Curití, Mogotitos, Taquiza, Ture y Pienta, los cuales generan un caudal de escorrentía media multianual de 90 m³/seg [13].

MAPA CUENCA DEL RÍO FONCE

Figura 1. Mapa de Santander.



Fuente: Corporación de Tecnologías Ambientales Sostenibles, CTAS.

La base de la economía de los municipios que conforman la cuenca del río Fonce gira en torno a la explotación agropecuaria de tipo tradicional, con presencia de una incipiente manufactura del fique, trapiches, agroindustria de panela, producción de café, y tabaco. Existe una pequeña base micro empresarial de panadería, carpintería, sastrería, artesanías de fique y procesamiento de alimentos en los cascos urbanos de San Gil y Charalá y en menor escala en el municipio de Mogotes. [4]

La cuenca del río Fonce se ha destacado a nivel nacional, por ser un recurso hídrico muy caudaloso y excelente escenario para recreación y turismo, además de otros fines y usos que le dan los habitantes de la región. Desafortunadamente la cuenca está sufriendo grandes deterioros a causa del mal manejo que se le da desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Suárez. [4]

1.2. CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA

La población de la cuenca hidrográfica del río Fonce en el Departamento de Santander, es de 106148 habitantes distribuida en 10 municipios (Fig. 1). Sin embargo, sólo serán objeto de estudio los municipios relacionados en la Tabla 1 ya que: (i).estos tienen una densidad poblacional cercana al 50%, (ii) las condiciones climáticas (fenómeno de la Niña) durante el periodo de estudio impidieron extender la región de análisis y (iii). se ha identificado que estos municipios tienen un gran impacto ambiental sobre el recurso hídrico, debido al manejo inadecuado y al desarrollo no tecnificado de las actividades económicas mencionadas [4]. El área de estudio es de 7,54 km², la cual abarca el sector residencial y comercial que conforman el área urbana de cada municipio [5, 6, 7].

Tabla 1. Distribución demográfica del área urbana de los municipios considerados.

MUNICIPIO	POBLACIÓN URBANA
SAN GIL	37876
PÁRAMO	1185

1.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS OBJETO DE ESTUDIO

1.3.1 Municipio de Páramo

El municipio de Páramo se encuentra ubicado en la parte central del Departamento de Santander. Tiene un área municipal de 74 km² y su temperatura media es de 21°C [5]. Posee una planta de tratamiento de aguas residuales, que recibe las aguas domésticas, hospitalarias y aguas lluvias, las últimas no cuentan con un canal que las separe de las aguas servidas [8].

La planta de tratamiento está compuesta por las siguientes unidades: recolección de aguas residuales, vertedero con rejilla, desarenador y decantador primario, filtro anaerobio de flujo descendente, clarificador y un patio de secado de lodos [8, 9]. Actualmente no cuenta con un control de mantenimiento rutinario, lo que ha ocasionado que en algunos casos la planta no tenga un buen funcionamiento debido al taponamiento de tuberías. Lo anterior ocasiona que las aguas servidas se rebosen de la canaleta que las dirige al sistema de cribado y desarenado, desembocando en la quebrada el Muerto sin recibir el tratamiento adecuado, generando un impacto negativo sobre esta fuente receptora.

1.3.2 Municipio de Pinchote

El municipio de Pinchote se encuentra ubicado sobre la cordillera oriental que corresponde a la región andina. Tiene un área municipal de 53,81km² y su temperatura media es de 22°C [6].

El municipio de Pinchote tiene una red de alcantarillado que está compuesto por un sistema convencional mixto, donde las aguas lluvias como las residuales se mezclan y son transportadas por el mismo colector hasta el sistema de tratamiento. La red sanitaria se divide en dos tuberías, una dirigida a la planta Sur (vía Socorro) y la otra a la Norte (vía San Gil), ambas poseen un porcentaje de remoción del 40% en época de invierno y del 90% en verano [10].

Se realiza un tratamiento biológico antes de la descarga final que incluye una zona de desbaste y un tratamiento primario biológico anaerobio (Biodigestores). Los efluentes de las PTAR's y el residuo del reboce son conducidos por medio de una tubería de gress de 8" a campo abierto en el sector norte y a un zanjón de escorrentía superficial que conduce las aguas hasta la corriente La Pinchota en el sector sur.

Los vertimientos del Biodigestor sur, desembocan en la corriente La Pinchota y continúan su trayectoria hasta llegar a la quebrada la Laja y desembocar finalmente en el río Fonce. Hay que tener en cuenta que debido a la trayectoria recorrida por las aguas residuales estas pierden carga contaminante y se oxigenan antes de llegar al río Fonce

Ambos biodigestores presentan colmatación y graves daños en las unidades de procesamiento biológico debido a los sedimentos arrastrados por la escorrentía superficial [10]. Además se evidenció una infraestructura desgastada y descuidada con fisuras en las estructuras de concreto. No cuentan con mantenimiento periódico, señalización ni cerco perimetral, y la maleza está por doquier haciendo el acceso difícil.

1.3.3 Municipio de San Gil

El municipio de San Gil hace parte del Departamento de Santander y es el núcleo de la provincia Guanentina. Tiene un área municipal de 145 km² y su temperatura media es de 24°C [6].

El municipio de San Gil cuenta con un sistema de alcantarillado mixto, donde tanto las aguas lluvias como las residuales son recolectadas por el mismo colector, estas aguas no cuenta con ningún tipo de tratamiento siendo éste uno de los grandes focos de contaminación presentes en la cuenca de río Fonce [11].

Actualmente se está ejecutando la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el área urbana, a la cual se van a dirigir veintinueve

vertimientos que son los que están documentados en la red de alcantarillado del municipio [11, 12]. A pesar de esto, se identificaron y evaluaron vertimientos que no son considerados y tienen un impacto directo sobre el río Fonce.

1.4 MARCO LEGAL

Presentada la situación de los municipios, es de vital importancia diagnosticar con base en la reglamentación vigente el estado actual de la cuenca. Para lograr esto se realiza una revisión rigurosa de las de normas ambientales relacionadas con el manejo de vertimientos y los diferentes usos de las fuentes receptoras de dichos vertimientos.

A continuación se extraen apartes de la reglamentación colombiana vigente que serán considerados para la realización de este proyecto.

ARTICULO 79 Y 80 DE LA CONSTITUCION POLÍTICA DE COLOMBIA 1991.

El manejo de vertimientos está ligado a la obligación del estado de garantizar un ambiente sano a todos los colombianos y la de proteger la integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental.

DECRETO 3930 DEL 25 OCTUBRE DEL 2010

En este decreto se establecen las disposiciones del recurso hídrico relacionadas con el ordenamiento, los usos, los afluentes, el suelo y alcantarillado. Además este decreto es el encargado de ajustar, organizar y derogar los artículos previstos en el decreto 1594 de 1984. Es de aclarar que para efectos legales el decreto 1594 de 1984 será aplicado durante el periodo de transición.

ARTICULO 4. Ordenamiento del Recurso Hídrico. En este artículo se reglamenta el ordenamiento del recurso hídrico con el fin de realizar la clasificación de las aguas superficiales, fijar en forma genérica su destinación a los diferentes usos y sus posibilidades de aprovechamiento.

ARTICULO 7. Para el establecimiento de los modelos de simulación de la calidad del recurso hídrico y para efectos del ordenamiento del recurso hídrico se tendrán en cuenta por lo menos los siguientes parámetros.

- i. DBO: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días.
- ii. DQO: Demanda química de oxígeno.
- iii. SS: Sólidos suspendidos.
- iv. pH: Potencial del ión H⁺.
- v. T: Temperatura.
- vi. OD: Oxígeno disuelto.
- vii. Q: Caudal.
- viii. Datos Hidrobiológicos
- ix. Coliformes (UFC)

Es importante aclarar que este trabajo adoptará la estrategia del Índice de Calidad del Agua para llevar a cabo las simulaciones (ver sección metodológica).

En los siguientes artículos se definen los diferentes usos de las aguas superficiales:

ARTÍCULO 10. *Uso para consumo humano y doméstico.* Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como:

- i. Ingesta directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- ii. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- iii. Preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración.

ARTÍCULO 13. *Uso agrícola.* Se entiende por uso agrícola del agua, la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.

ARTÍCULO 15. *Uso recreativo.* Se entiende por uso del agua para fines recreativos cuando se produce:

- i. Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales.
- ii. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

DECRETO 4728 DEL 2010

En este decreto se enumeran las modificaciones realizadas al decreto 3930 del 2010 entre las cuales se destacan:

ARTÍCULO 1. El artículo 28 del **Decreto 3930 de 2010** quedará así:

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

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial dentro de los diez (10) meses, contados a partir de la fecha de publicación de este decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

DECRETO 1594 DE 1984 Y DECRETO 475 DE 1985

A continuación se tabulan los valores máximos permitidos para el consumo humano, uso agrícola, uso pecuario, recreación y vertimientos residuales según lo establecido en el Decreto 1594 de 1984.

Tabla 2. Valores Máximos permitidos para los vertimientos que pueden ser susceptibles a potabilización.

PARÁMETROS	MAX PERMISIBLE	PARÁMETROS	MAX PERMISIBLE
Alcalinidad(mg/l)	500	HCH en Agua (mg/l)	3500
Amonios(mg/l)	1	Nitratos(mg/l)	18
Clorofila a (mg/l)	120	Nitritos+Nitratos(mg/l)	24
Cloruros(mg/l)	250	Nitratos+Amonio(mg/l)	19
Coliformes Fecales(NMP/100ml)	2000	Nitrógeno Total(mg/l)	25
Coliformes Totales(NMP/100ml)	20000	Oxígeno Disuelto(mg/l)	2
Color(Unidades Pt-Co)	75	pH(Unidades)	9
Conductividad(micro mhos/cm)	400	Saturación OD%	28
Cromo en Agua(mg/l)	0,05	Sólidos Suspendidos(mg/l)	650
DBO(mg/l)	30	Sólidos Totales(mg/l)	730
Diferencia de Temperatura	11	Temperatura del Aire(°C)	37
DQO(mg/l)	30	Turbidez(mg/l)	10
Dureza(mg/l)	250	Fosfatos(mg/l)	0,2

Fuente: Decreto 1594 de 1984.

Tabla 3. Artículo 10. Límites permisibles para los diferentes usos de las aguas superficiales.

PARÁMETRO USOS	Nitratos (mg/l)	pH	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Coliformes fecales (UFC/100ML)	oxígeno disuelto (mg/l)	turbiedad (NTU)	grasas y aceites (mg/l)
Consumo Humano Tratamiento o convencional	10	5,0-9,0	20000	2000	*	*	*
Consumo Humano Desinfección	10	6,5-8,5	1000	*	*	0,53	*
Uso agrícola		4,5-9,0	5000	1000	*	*	*
Uso pecuario	100		*	*	*	*	*
Recreación Contacto primario	*	5,0-9,0	1000	200	0,7 OD saturación.	*	*
Recreación Contacto secundario	*	5,0-9,0	5000	*	0,7 OD saturación.	*	*
Preservación fauna y flora	*	6,5-9,0	*	*	5	0	0,01

* La norma no contempla valores * Límite de Cuantificación del Método.

Fuente: Decreto 1594 de 1984.

Decreto 1541 de 1978

Incluye una clasificación de los cuerpos de agua en función de su capacidad de recibir vertimientos y establece la obligatoriedad de solicitar permiso de vertimientos a todo aquel que, de igual manera, posea o solicite una concesión de aguas.

ARTICULO 211. Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos.

2. METODOLOGÍA

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario realizar un análisis y revisión bibliográfica de los parámetros fisicoquímicos utilizados en la metodología del índice de calidad del agua (ICA) [27, 3, 2]. Igualmente se hizo indispensable la revisión y la recopilación de los instrumentos de planificación local y regional (EOT's [5, 6, 7], Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos [8, 10, 11], AYUEDA's [12]), y otros estudios existentes de la cuenca [4, 19]).

2.2. SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS:

2.2.1. Puntos de Muestreo para Descarga

El punto para el muestreo se seleccionó inmediatamente antes que la descarga ingresara en el cuerpo de agua, para este caso en el río Fonce.

2.2.2. Puntos de Muestreo para Aguas Receptoras

La distancia que se tomó como referencia (30 m) garantiza que el vertimiento no tenga una influencia sobre la fuente hídrica aguas arriba. En lo que concierne a la toma de muestra aguas abajo la distancia escogida asegura que el impacto de la descarga sobre la fuente hídrica sea determinado correctamente.

2.3. TOMA DE MUESTRAS Y PRUEBAS DE CARACTERIZACION DEL AGUA

La toma de muestras y pruebas de caracterización de aguas, siguieron los procedimientos consignados en: (i) las Normas del “Standard Methods of Water and Wastewater”, 20 th, 1998, [1], (ii) los protocolos de toma de muestras de aguas superficiales y aguas residuales de la red de calidad del IDEAM [14,15] y (iii) las Guías para Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y aguas subterráneas [16]. En estos documentos se describen los requerimientos y cuidados que se deben tener en cuenta para el muestreo, almacenamiento y preservación de las muestras con el fin de garantizar altos estándares de calidad.

2.3.1 Muestreo:

La muestra del cuerpo de agua (aguas superficiales, efluentes residuales) está adecuadamente representada por un muestreo de tipo puntual o simple, que refleja las circunstancias particulares del cuerpo de agua para el momento y sitio de su recolección.

2.3.2 Pruebas *in situ*:

Las pruebas *in situ* se realizaron utilizando kits e instrumentos básicos de medida entre los que se encuentran los siguientes:

- i. Kit Test Oxígeno MERCK. Método por valoración según Winkler [23].
- ii. pHmetro.
- iii. Termómetro de bulbo.

2.3.3 Pruebas de laboratorio:

Las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas fueron analizadas por el laboratorio PSL PROANALISIS LTDA, acreditado por el IDEAM mediante resolución N° 044 de Marzo 14 de 2007 bajo la norma ISO 17025. Ubicado en Bucaramanga-Santander. A continuación se tabulan las pruebas y métodos empleados durante los análisis:

Tabla 4. Parámetros analizados en el laboratorio.

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Coliformes Totales	S.M. 9230 B
Coliformes Fecales	S.M. 9230 B
Sólidos Totales	Gravimetría, S.M. 2540 B
pH	Potenciométrico SM. 4500. H ⁺
Nitratos	J. R. Zambelli [21]
DBO ₅	Respirométrico SM. 5210 B
DQO	Reflujo cerrado. Titrimétrico SM. 5220 C
Grasa y aceites	Gravímetro, SM. 5520. B

.Fuente: Laboratorio PSL PROANALISIS LTDA.

2.4 SISTEMATIZACIÓN DE DATOS

Para el tratamiento de la información se empleó el Índice de Calidad de Agua (ICA). Este último permite resumir de manera conveniente la gran cantidad de parámetros medidos durante los monitoreos y facilita la comunicación de los resultados a una audiencia no especializada.

El ICA utilizado en este estudio es una modificación del aplicado para zona tropicales por la compañía ambiental CETESB, Agencia de Control de Contaminación en el Estado de São Paulo [3], que a su vez es una versión modificada del desarrollado por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF) [22]. Este índice agrupa los indicadores contaminantes más representativos permitiendo cuantificar y evaluar el deterioro o mejora de la calidad de una fuente hídrica [18].

Es importante aclarar que para el desarrollo de este trabajo se tuvieron en cuenta 8 de los 9 parámetros originales del modelo desarrollado por la CETESB. La modificación es necesaria ya que en el desarrollo de Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Fonce (**POMCA**) reglamentado por el **Decreto 3930**

en su **Artículo 7** no se contempla a los fosfatos como parámetro a considerar en los estudios de modelamiento. Como resultado de lo anteriormente expuesto se realiza una redistribución de pesos en las 8 variables restantes (ver Tabla 5).

Tabla 5. *Parámetros y pesos relativos considerados en el cálculo del ICA.*

PARÁMETROS	UNIDADES	PESO (Wi) Modelo CETESB	PESO(Wi) Este Trabajo
Coliformes fecales	UFC/100ml	0,15	0,17
pH	Unidades de pH	0,12	0,13
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,10	0,11
Nitratos	NO ₃ en mg/l	0,10	0,11
Cambio de temperatura	°C	0,10	0,11
Fosfatos	PO ₄ en mg/l	0,10	No
Turbidez	NTU	0,08	0,09
Sólidos totales suspendidos	mg/l	0,08	0,09
oxígeno disuelto	% de saturación	0,17	0,19

Fuente: *Agencia de Control de Contaminación en el Estado de São Paulo.*

Para la evaluación numérica del ICA, se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA_a) o una función ponderada multiplicativa (ICA_m). Estudios realizados por Landwehr y Denninger (1976), demostraron que la técnica ponderada multiplicativa (ecuación 1.) es mucho más sensible a la variación de los parámetros por lo que refleja con mayor precisión un cambio de calidad [20].

$$ICA_m = \prod_{i=1}^8 (Q_i^{w_i})$$

Ecuación 1.

Dónde:

w_i: pesos relativos asignado a cada parámetro, ponderados entre 0 y 1, de tal forma que la suma de todos los pesos relativos sea a igual a 1.

Q_i: valor ICA del parámetro evaluado.

El valor de Q_i se calcula a partir de las ecuaciones tabuladas a continuación:

Tabla 6. Ecuaciones de los parámetros evaluados en el ICA.

Qi	ECUACIÓN
Coliformes Fecales	$Q_{\text{Coliformes Fecales}} = \frac{141,26362627 + (-2,593651 * x^{0,349287})}{2,40330626 + x^{0,349287}}$
Sólidos Totales	$Q_{\text{Sólidos Totales}} = 80,986743 + 0,12173944 * x + (-0,00104301111 * x^2) + 1,5213697466 * 10^{-6} * x^3 + (-6,61537627 * 10^{-10} * x^4)$
Oxígeno Disuelto	$Q_{\text{Oxígeno Disuelto}} = -1,9466266 + 0,654925387 * x + 0,00154112587 * x^2 + (-1,7310052 * 10^{-4} * x^3) + 4,19694858 * 10^{-7} * x^4$
pH	$Q_{\text{pH}} = \frac{3,638 + (-4,8933628 * 10^{-2} * x)}{1 + (-2,5991456 * x) + 1,746449092 * 10^{-2} * x^2}$
Turbiedad	$Q_{\text{Turbiedad}} = 28,805149 + 29,750520755 * \cos(1,93810828 * 10^{-2} * x + 0,15014)$
DBO ₅	$Q_{\text{DBO}_5} = 99,13103744 * e^{-0,1081504954 * x}$
Nitratos	$Q_{\text{Nitratos}} = 46,1203768 + (-0,781008 * x) + 3,20723982 * 10^{-3} * x^2$
Temperatura	$Q_{\text{Temperatura}} = \frac{90,600841 + (-3,609877 * 10^{-2} * x)}{1 + 8,4457543 * 10^{-3} * x + 8,2925354 * 10^{-3} * x^2}$

Fuente: Índice de Calidad del Agua [27]

Para el cálculo del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto se empleó la ley de Henry. Este valor se calculó utilizando tablas de solubilidad del oxígeno en agua con aire a 760 mm Hg y factores de corrección de la presión parcial y la saturación relativa a diferentes alturas [24].

Finalmente, al valor numérico obtenido del ICA se le asigna una valoración cualitativa de acuerdo con la siguiente Tabla:

Tabla 7. Escala de calidad del agua.

INTERVALO ICA	CALIDAD	COLOR
80-100	Óptima	
52-79	Buena	
37-51	Dudosa	
20-36	Inadecuada	
0-19	Pésima	

Fuente: Índice de Calidad del Agua [2].

Cuanto mejor es la calidad de un agua mayores son las posibilidades que tienen las diversas especies aeróbicas propias del medio para crecer y desarrollarse en el mismo.

Las aguas con “ICA” mayor que 52, es decir “Óptima” o “Buena” son capaces de albergar una alta diversidad de vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Dudosa” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Inadecuada” pueden solamente acoger una diversidad baja de vida acuática experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un “ICA” en categoría “Pésima”, sólo pueden desarrollar un número limitado de las formas acuáticas de vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación [18].

2.5 CONSTRUCCIÓN DE MAPAS

Con el ánimo tener una ubicación real de los puntos de muestreo en cada municipio se construyeron mapas utilizando las herramientas informáticas **ArcGIS 9.1** y **CorelDRAW X5**. Cada punto evaluado fue ubicado con la ayuda de un GPS (Sistema de Posición Global), que proporciona las coordenadas específicas de cada punto de muestreo en cada municipio.

2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La calidad requerida del agua en cada caso, depende del uso que se le vaya a dar y del propósito de dicho uso [25]. Con el fin de emitir un concepto detallado del grado de polución que generan los vertimientos sobre las fuentes hídricas se evaluaron los parámetros químicos, físicos y bacteriológicos (Tabla 8). Además, se utilizaron el índice de calidad ICA y las restricciones a los diferentes usos establecidos en el Decreto 1594 del 1984 (Tabla 3).

Tabla 8. Parámetros utilizados.

PARÁMETROS	UNIDADES
Coliformes fecales	UFC/100ml
Coliformes Totales	UFC/100ml
pH	Unidades de pH
DBO5	mg O ₂ /l
Nitratos	NO ₃ en mg/l
Cambio de temperatura	°C
Turbidez	NTU
sólidos totales suspendidos	mg/l
oxígeno disuelto	% de saturación
Grasas y Aceites	mg/l

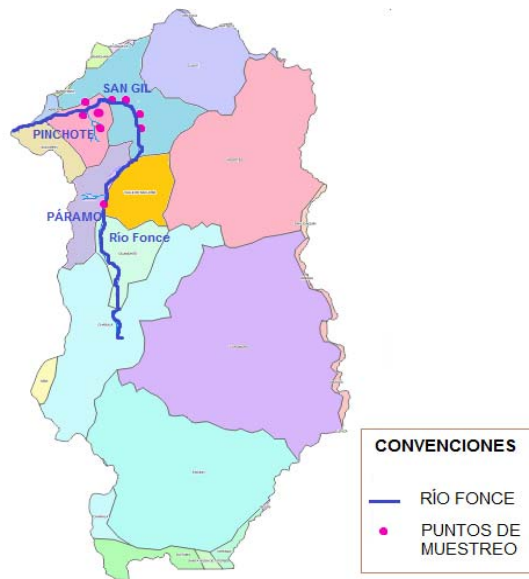
Fuente: Decreto 1594 de 1984.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el desarrollo del análisis de resultados es de gran importancia considerar que las muestras fueron tomadas en los meses de septiembre y octubre, los cuales presentaron precipitaciones altas [5, 7] y consecuentemente gran dilución de la carga contaminante de las descargas.

A continuación se presenta la distribución espacial correspondiente a los 17 sitios de muestreo realizados en los municipios objeto de estudio:

Figura 2. Mapa puntos de muestreo.



Fuente: los autores.

3.1. MUNICIPIO DE PÁRAMO

En la Fig. 3. y las Tablas 9 y 10 se resumen los principales resultados obtenidos de la calidad del agua del municipio de Páramo. En la figura 3 se puede apreciar que a pesar de existir una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la calidad del agua de la Quebrada el muerto es inadecuada. Estos resultados se explican por la baja remoción de carga contaminante que efectúa la planta, lo que es lógico teniendo en cuenta que ésta no recibe mantenimiento periódico. Cuando se comparan los parámetros de calidad del agua medidos (Tablas 9 y 10) con los

límites contemplados en el Decreto 1594 del 1984 (Tablas 2 y 3) se observa que los Coliformes fecales, la DBO₅, el grado de turbidez y la cantidad de grasas y aceites están respectivamente 4, 9, 35 y 159 veces por encima del valor máximo permitido. Sin embargo, de las variables enunciadas los Coliformes fecales son los que tienen un mayor impacto (Tabla 5, Ecuación 1) en la determinación del ICA. Consecuentemente, es razonable pensar que esta situación puede ser superada si se realiza un mantenimiento rutinario y preventivo a los equipos de pretratamiento, esto principalmente para garantizar el buen funcionamiento del filtro anaerobio y alcanzar una eficiencia de remoción del orden de 99%. Igualmente será indispensable limpiar el filtro anaerobio cuando sea necesario.

Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de Páramo.



Fuente: los autores.

Tabla 9. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA municipio de Páramo.

MUESTRA	ENTRADA	SALIDA	Q. EL	30m ANTES	30m DESPUES
PÁRAMETRO	PTAR	PTAR	MUERTO	Q EL MUERTO	Q EL MUERTO
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	11820	8540	5610	560	2150
pH	7,2	7,3	7,4	6,9	7,1
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	289	321	189	9,3	15,3
Nitratos (NO ₃ en mg/l)	20,4	12,6	5,3	2,3	3,2
Cambio temperatura(°C)	0	0	0	1	1
Turbidez (NTU)	241	185	621	56	174
sólidos suspendidos totales (mg/l)	620	509	649	165	181
oxígeno disuelto (% de saturación)	66,03286	62,85	65,2	84,9	82,6
ICA	24	25	27	61	44

Fuente: los autores.

Tabla 10. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el municipio de Páramo.

MUESTRA	PARÁMETRO	COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)
	ENTRADA PTAR	36890	189
	SALIDA PTAR	32740	201
	Q. EL MUERTO	21780	88
	30m ANTES DE LA Q. EL MUERTO	1470	2,3
	30m DESPUES Q. EL MUERTO	5120	3,6

Fuente: los autores.

El estado de calidad según el ICA del río Fonce antes de la desembocadura de la Quebrada El Muerto es buena (Fig. 3, Tabla 9), a pesar que el grado de turbidez es cinco veces mayor al estipulado en la norma. Sin embargo, este parámetro no tiene una influencia considerable en el cálculo del indicador de calidad ya que su

peso es de 0,09 (Tabla 5). En este punto el río Fonce es entonces adecuado para agricultura, para consumo humano con tratamiento convencional y para usos pecuarios.

La Quebrada el Muerto afecta la calidad del río Fonce, aumentando la cantidad de Coliformes Fecales y el grado de turbidez expuestos en la norma (Tabla 3), haciéndolo inadecuado para consumo humano con tratamiento convencional y desinfección, usos recreativos y agrícolas.

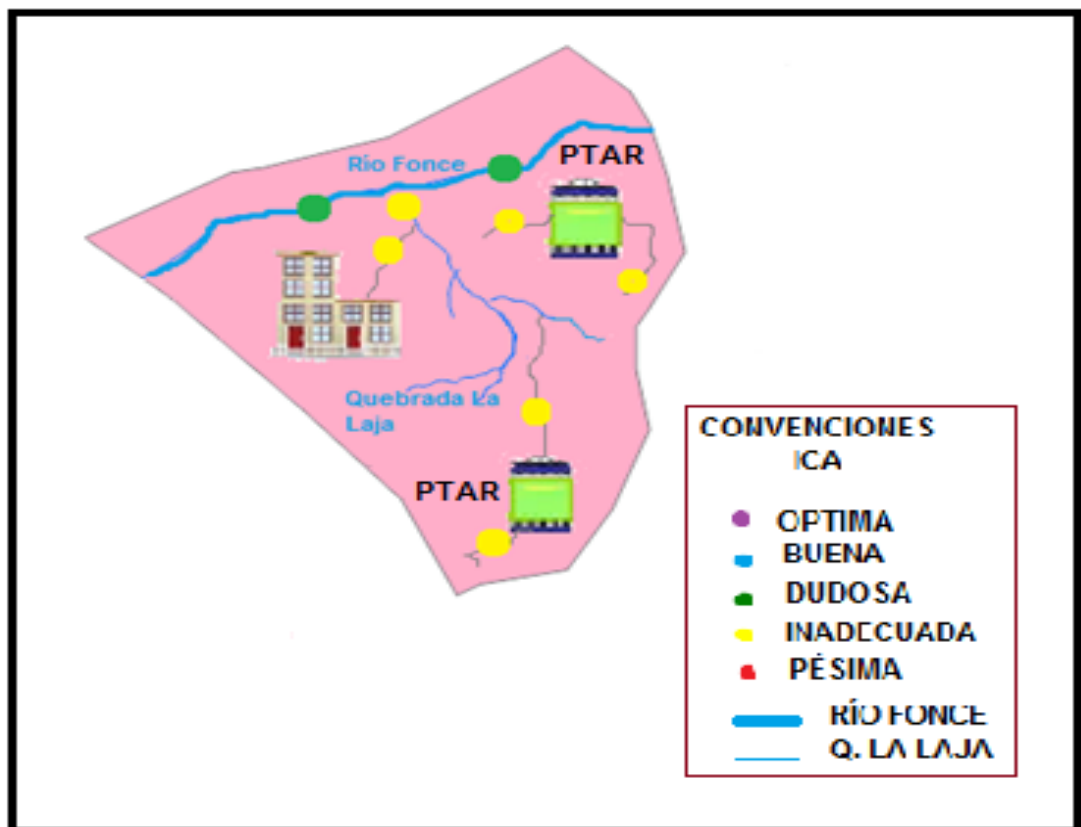
3.2. MUNICIPIO PINCHOTE

Las dos plantas de tratamiento del municipio están en un estado deplorable, prueba de ello son los resultados obtenidos en el muestreo (Tablas 11 y 12) y el análisis visual realizado. El Biodigestor Norte no se encuentra en funcionamiento como se puede inferir de la tabla 11, además su infraestructura física se encuentra altamente deteriorada debido al arrastre de partículas suspendidas en las corrientes que ingresan a él. El Biodigestor Sur está en funcionamiento, pero bajo las condiciones actuales de operación los parámetros evaluados no cumplen con la normativa vigente (Tabla 2 y 3) para la descarga de efluentes (Tabla 11 y 12, Fig. 4). Es razonable pensar que los resultados obtenidos sean producto del abandono de la estructura ya que sólo se realiza limpieza en las rejillas.

El efluente de la planta excede la cantidad de Coliformes Fecales, DBO_5 y el grado de turbidez contemplados por el Decreto 1594 de 1984. De estos parámetros el que tiene mayor peso en la evaluación del ICA (Tabla 5) son los Coliformes Fecales, como resultado la calidad del punto de vertimiento es inadecuada (Tabla. 11). Lo anterior sumado a las descargas de fincas aledañas y de los moteles del municipio, afectan la calidad de la Quebrada La Laja sobrepasando los niveles permisibles de Coliformes Fecales, Coliformes Totales, DBO_5 , grado de turbidez y alta presencia de grasas y aceites contemplados en el Decreto 1594 del 1984. Los valores elevados de los parámetros citados anteriormente, impactan negativamente la calidad de la fuente hídrica debido a la presencia de

microorganismos patógenos, desoxigenación y limitaciones de autodepuración generando malos olores. Con base en lo expuesto se concluye que el cauce de la quebrada La Laja es apropiado solamente para uso pecuario. En consecuencia es necesario que se efectúen actividades de operación, mantenimiento frecuente y preventivo, monitoreo y seguimiento del proceso en las plantas de tratamiento sin dejar a un lado el control sobre los vertimientos adicionales que se descargan a la Quebrada La Laja.

Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de Pinchote.



Fuente: los autores.

Tabla 11. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA Municipio de Pinchote.

MUESTRA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	Q. LA	30m	30m	VERT.
PÁRAMETRO	PTAR NORTE	PTAR NORTE	PTAR SUR	PTAR SUR	LAJA	ANTES Q. LA LAJA	DESP. Q. LA LAJA	FINCAS MOTELES
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	5130	5480	14580	4130	14890	1240	1810	6380
pH	6,8	7,1	6,9	7,1	6,9	7,1	7	6,9
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	236	155	416	156	189	26	33	215
Nitratos (NO ₃ en mg/l)	5,6	8,5	6,3	3,1	3,6	3,8	4,1	8,3
Cambio temperatura(°C)	0	0	0	0	0	1	-2	0
Turbidez (NTU)	561	302	450	321	256	81	92	596
sólidos suspendidos totales (mg/l)	537	657	762	421	476	186	268	476
oxígeno disuelto (% de saturación)	54,8	54,8	59,5	66,7	92,9	86,4	87,7	75
ICA	25	25	24	30	28	46	37	28

Fuente: los autores.

Tabla 12. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el Municipio de Pinchote.

MUESTRA	PARÁMETRO	COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)
ENTRADA PTAR NORTE		9410	56
SALIDA PTAR NORTE		13410	61
ENTRADA PTAR SUR		23610	85
SALIDA PTAR SUR		7140	21
Q. LA LAJA		33410	87
30m ANTES Q. LA LAJA		1960	3,6
30m DESP. Q. LA LAJA		3250	6,3
VERT. FINCAS MOTELES		14890	125

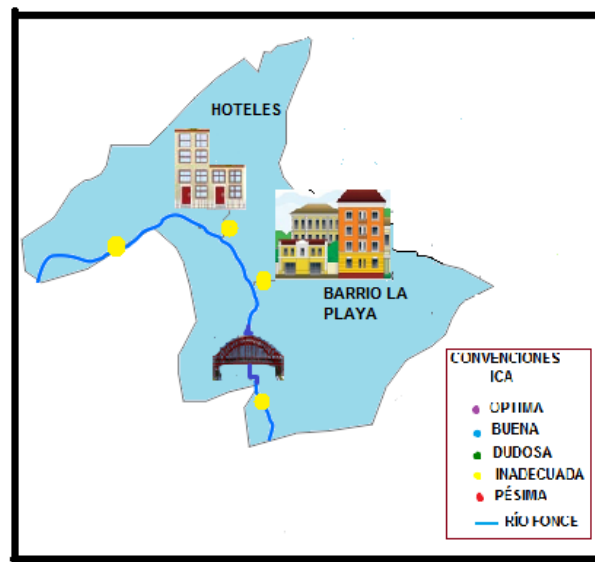
Fuente: los autores.

Según el ICA el río Fonce antes y después de la desembocadura de la Quebrada La Laja es dudosa. En lo que concierne al punto antes de la desembocadura los parámetros evaluados se ajustan a la normatividad, y por lo tanto es apropiada para consumo humano con tratamiento convencional y uso pecuario, contemplados en el Decreto 1594 del 1984. Sin embargo, después de la desembocadura de la Quebrada La Laja al río Fonce la situación empeora como lo confirma la disminución del ICA (Tabla 11). Dicha disminución es causada principalmente por el incremento de Coliformes Totales, Fecales y presencia de grasa y aceites. En consecuencia es necesario alertar a las autoridades ambientales, del impacto negativo generado por los vertimientos a la fuente hídrica a causa del tratamiento insuficiente que se le da a dichos efluentes.

3.3. MUNICIPIO SAN GIL

Aunque son pocos los vertimientos encontrados fuera de la red de alcantarillado, estos presentan un elevado grado de contaminación por materia orgánica, que termina afectando de manera considerable la calidad del río Fonce como se puede observar en la figura 5 y en las tablas 13 y 14.

Figura 5. Ubicación de puntos de muestreo en el Municipio de San Gil.



Fuente: los autores.

Tabla 13. Valores de los parámetros empleados en el cálculo del ICA Municipio de San Gil.

MUESTRA	RÍO FONCE ANTES HOTELES	HOTEL CAMPESTRE	BARRIO LA PLAYA	PUENTE DESP. HOTELES
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	1230	3170	2560	2120
pH	6,9	7,1	7,2	6,8
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	25,3	144	185	33,5
Nitratos (NO ₃ en mg/l)	2,3	9,3	4,8	3,3
Cambio temperatura(°C)	-2,5	-2,7	-2,7	-3,7
Turbidez (NTU)	256	321	218	189
sólidos suspendidos totales (mg/l)	876	517	458	395
oxígeno disuelto (% de saturación)	98,9	67,9	67,9	99,3
ICA	36	26	29	32

Fuente: los autores.

Tabla 14. Valores de otros parámetros de calidad no considerados en el modelo ICA para el Municipio de San Gil.

MUESTRA	PARÁMETRO	COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)
RÍO FONCE ANTES HOTELES		3140	2,6
HOTEL CAMPESTRE		20430	44
BARRIO LA PLAYA		18510	58
PUENTE DESP. HOTELES		4430	1,8

Fuente: los autores.

Tanto el hotel campestre como el vertimiento del barrio la Playa presentan índices de calidad del agua inadecuados, incumpliendo con los valores máximos permisibles de descarga contemplados en el Decreto 1594 del 1984 al exceder la cantidad de Coliformes Totales y Fecales, presencia de grasas y aceites y turbiedad.

En el punto de muestreo de Puente pequeño, se presenta un alto grado de contaminación debido a los vertimientos que han desembocado en el río Fonce hasta este punto, presentando un índice de calidad inadecuado. Según su uso se requiere solamente para uso pecuario ya que excede la cantidad de Coliformes Fecales, sólidos totales y grado de turbidez.

El muestreo realizado a la cuenca del río Fonce en el municipio de San Gil, ratifica la necesidad de implementar la planta de tratamiento de aguas residuales y que todo vertimiento sin excepción, sea incluido en la red de alcantarillado para su posterior tratamiento.

CONCLUSIONES

- Se evidenció que tanto el río Fonce como sus afluentes exceden los valores máximos permitidos de Coliformes Fecales hasta cinco veces para las plantas de tratamiento y hasta un tres por ciento para el río Fonce, lo que aumenta potencialmente la presencia de organismos patógenos. Por esta razón es indispensable la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales eficientes, que agrupen diferentes operaciones y procesos necesarios para alcanzar el nivel de tratamiento adecuado y que cumplan con la normatividad vigente. Además es importante que estos sistemas de tratamiento vayan de la mano con los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales con el fin de mejorar su eficiencia.
- Los resultados obtenidos con la aplicación de los Índices de Calidad del Agua (ICA) fueron acertados, y concuerdan con los resultados presentados en el estudio de Diagnóstico de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial, que fue realizado por el IDEAM, en el que certifica que la calidad del río Fonce en general es dudosa [17].
- En ninguno de los municipios en los que se llevó a cabo el proyecto, se cumple con lo estipulado en los Decretos 1594 de 1984, en el que se prohíbe verter sin tratamiento los residuos líquidos.
- Los valores de pH registrados en los puntos de muestreo se encuentran próximos al valor neutro, entre 6,9-7,4 aproximadamente. Lo que posibilita que pueda presentarse auto purificación (pH entre 6,5-8,5) en el río Fonce. Esto siempre y cuando se traten y se controlen las descargas de todo tipo sobre la fuente hídrica.

RECOMENDACIONES

- Se hace necesario hacer monitoreo y evaluación de los efluentes residuales en época de verano en los municipios de estudio, debido a que en esta temporada tienden a agudizarse los problema de contaminación en las fuentes hídricas.
- Se hace necesaria la supervisión permanente de las autoridades ambientales, que exijan el cumplimiento de la normatividad y que realicen estudios, que permitan efectuar una valoración del estado las fuentes hídricas y se involucre a la comunidad para su mejoramiento.
- Dado que este proyecto sirve como alerta a las autoridades ambientales y a la comunidad en general sobre la calidad del río Fonce, es necesario que se ejecute un estudio detallado en el cual se realicen muestras de tipo compuesto con el objetivo de minimizar los efectos de variabilidad de la muestra puntual.
- Se hace necesaria la realización de Planes de Ordenamiento que permitan un desarrollo y explotación sostenible de los recursos hídricos.
- Implementar una herramienta computarizada que se fundamente, por ejemplo en el ICA para la evaluación en tiempo real de la calidad del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Public Health Association, Standard Methods of Water and Wastewater. 20 th edn, APHA, New York, 1998.
- [2] Báez Andrea. Informe de la Red Monitoreo Calidad del Agua primer periodo semestre año 2010. Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio, SOPIT. CDMB, 2010. p. 7-8.
- [3] CETESB, Índice de Qualidade das Águas. www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indices.asp, [citado el 15 de Enero de 2011].
- [4] Colombia. Corporación Autónoma Regional de Santander. Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Fonce. Bucaramanga: la corporación; 2010. 22 p.
- [5] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Páramo. Páramo: Alcaldía Municipal, 2002. p. 7-15.
- [6] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pinchote Pinchote: Alcaldía Municipal. 2008. p. 5-9
- [7] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Gil. San Gil: Alcaldía Municipal 2008. p. 13.
- [8] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Páramo. Páramo: Alcaldía Municipal. 2006. p.171-176
- [9] Colombia. Corporación Autónoma Regional de Santander. Planta de tratamiento de aguas residuales de Páramo. Operación y mantenimiento. Páramo: Corporación. 2004, 18 p.

- [10] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Pinchote, Pinchote: Alcaldía Municipal. 2006. p.38, 42-47.
- [11] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Alcaldía Municipal. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de San Gil. San Gil: Alcaldía Municipal. 2008. p. 12-14.
- [12] Colombia. Corporación Autónoma de Santander, Acuasan E.I.C.E-E.S.P. Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua del Municipio de San Gil. San Gil: Acuasan E.I.C.E-E.S.P. 2008. p. 32.
- [13] Colombia. Gobernación de Santander. Plan de Desarrollo Departamental de Santander. Gobernación de Santander, 2008. p. 291.
- [14] Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Toma de Muestras de Aguas Superficiales. Bogotá: El instituto; 2010. 6 p.
- [15] Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Toma de Muestras de Aguas Residuales. Bogotá: El instituto; 2007. 17p.
- [16] Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá D.C: El instituto. 2003. 28 p.
- [17] CORTÉS Guillermo. Diagnóstico del a calidad del recurso hídrico superficial. Prestación de servicios profesionales al Viceministro de Ambiente para apoyar la consolidación de diagnóstico de la calidad del recurso hídrico nacional, en el marco de la formulación de la Política Hídrica Nacional y el Plan Hídrico Nacional. Bogotá, 2009. 36 p.
- [18] DÍAZ Miguel, GONZÁLEZ María, POURRIEUX Juan. Indicadores de Calidad de Agua: Método de cálculo propuesto. Dirección Recursos Hídricos de la Provincia de Tucumán. Argentina. 2006. 13 p.
- [19] LAMUS Jaime, PEDRAZA Fernando. Evaluación del Estado de Contaminación de las Aguas de la Parte Alta del Río Fonce. Bucaramanga, 2004, 126 h. trabajo de grado (Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Departamento de Química.
- [20] LANDWEHR J., DENNINGER R. (1976). Comparison of Several Water Quality Indices”, Water Pollution Control. p. 954-958.

[21] MARÍN R. Fisicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de la calidad del agua. España: Ediciones Díaz de Santos S.A, 2003. p. 283.

[22] NSF, "WQI - National Sanitation foundation, Consumer Information,"2006.

[23] RAMOS Raudel, SEPÚLVEDA Rubén, VILLALOBOS Francisco. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. Primera edición. California: Editorial Plaza y Valdés, S.A. de C.V, 2003. p. 104-106.

[24] ROLDÁN Gabriel, RAMÍREZ John. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 2008. p. 180-186.

[25] ROMERO Jairo. Calidad del agua. Segunda edición. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingenieros, 2005. p. 343-345, 389, 408, 411.

[26] TEBBUTT, T. H.G. Fundamentos de control de la calidad del agua. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, 1998. p. 75-77, 86-90.

[27] TORRES Patricia, CRUZ Camilo, PATIÑO Paola, ESCOBAR Juan, PÉREZ Andrea. Aplicación de Índices de Calidad de Agua ICA Orientados al uso de la fuente para consumo humano. En: Revista Ingeniería e Investigación. Vol. 30, No. 3 (2010); 13 p.

[28] TORRES Patricia, CRUZ Camilo, PATIÑO Paola. Índice de Calidad de Agua en Fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua para consumo Humano. Una Revisión Crítica. En: Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Vol. 8, No. 15 (2009). p. 79-94.