

**CALCULO DE CARGAS E INDICES DE CONTAMINACION EN LA
CUENCA PRINCIPAL DEL RIO PAMPLONITA.**

**SANDRA MILENA GOMEZ PEÑARANDA.
ALEXANDER VELOSA PACHECO.**

**DIRECTOR.
JOHN HERMOGENES SUAREZ GELVEZ.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2009**

**CALCULO DE CARGAS E INDICES DE CONTAMINACION EN LA
CUENCA PRINCIPAL DEL RIO PAMPLONITA.**

**SANDRA MILENA GOMEZ PEÑARANDA.
ALEXANDER VELOSA PACHECO.**

**Monografía para Optar al Título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**DIRECTOR.
JOHN HERMOGENES SUAREZ GELVEZ.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2009**

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCION.....	11
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL:.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	14
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	15
2.1 VALORACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	15
2.2 ÍNDICES DE CALIDAD Y DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA	15
2.3 INDICES EN COLOMBIA.	16
3. DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CUENCA PRINCIPAL DEL RIO PAMPLONITA.....	20
3.1 BOCATOMA EL ROSAL.	22
3.2 BOCATOMA MONTEADENTRO.	22
3.3 RADIO F.M.	22
3.4 CURVA DE LOS ADIOSES.....	23
3.5 PUENTE ULAGA:.....	23
3.6 CONTROL VILLA MARINA.....	23
3.7 EL DIAMANTE.....	24
3.8 LA DON JUANA.....	24
3.9 ISCALA.....	24
3.10 LA GARITA.	25
3.11 BOCATOMA CUCUTA.	25
3.12 PUENTE SAN RAFAEL.....	25
3.13 SECTOR TACHIRA I.	26
3.14 SECTOR TACHIRA II.....	26
3.15 SECTOR CAÑO PICHO.	26
3.16 SECTOR EL CERRITO.	27

3.17 RIO ENFERMO.	27
3.18 BRISAS DEL QUINDIO.	27
3.19 SECTOR EL BABILLO.	28
3.20 PASO DE LOS RIOS.	28
3.21 AGUA CLARA.	28
3.22 PUENTE ANGOSTO.	29
4. CALCULO DE CARGAS.	30
4.1 CAUDAL.	32
4.2 RESULTADOS ANÁLISIS IN SITU.	38
4.3 CALCULO DE CARGAS CONTAMINANTES.	43
5. INDICES DE CONTAMINACION ICOS.	48
5.1 SIGNIFICANCIA DE LOS INDICES.	48
5.2 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA: ICOMO.	49
5.3 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS: ICOSUS:	52
5.4 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR PH: ICOPH:	53
5.5 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN.	55
6. BIBLIOGRAFÍA.	58

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura No 1 Comportamiento del caudal en el cauce principal del rio Pamplonita	34
Figura No. 2 Mapa subcuencas cuenca del río Pamplonita.	37
Figura No. 3. Comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales.	39
Figura No.4 Comportamiento de la DBO	40
Figura No. 5. Comportamiento de la DQO	41
Figura No. 6 Comportamiento de la Nitrógeno.	42
Figura No. 7. Comportamiento de la Carga de SST.	45
Figura No. 8 Comportamiento de la Carga DQO.	46
Figura No. 9 Comportamiento de la Carga DBO.	47

LISTA DE TABLAS.

	PÁG.
Tabla No 1 Cronograma de Aforos	32
Tabla No 2 Caudal Promedio Tramos río Pamplonita	33
Tabla No 3. Subcuencas y Microcuencas que Componen la Cuenca Principal del Río Pamplonita.	36
Tabla No 4 Resultados Análisis In situ.	38
Tabla No 5 Resultados análisis Ex situ	39
Tabla No 6 Calculo de cargas contaminantes	44
Tabla No 7 Significancia de los Índices de Contaminación	49
Tabla No 8 Cálculo Índices De Contaminación Por Materia Orgánica. (ICOMO)	51
Tabla No 9 Cálculo Índices De Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).	53
Tabla No 10 Cálculo Índices De Contaminación por Ph (ICOPH)	54
Tabla No 11 Calculo de Índice de Mineralización (ICOMI)	56

TITULO: CALCULO DE CARGAS E INDICES DE CONTAMINACION EN LA CUENCA PRINCIPAL DEL RIO PAMPLONITA.

**AUTORES: SANDRA MILENA GOMEZ PEÑARANDA.
ALEXANDER VELOSA PACHECO.**

PALABRAS CLAVES: BIODIVERSIDAD ACUÁTICA, POTABILIZACIÓN, CARGAS CONTAMINANTES

La Cuenca del Río Pamplonita pertenece a la Gran Cuenca del Catatumbo, Cuenca Mayor del Río Zulia, que vierte sus Aguas al Lago de Maracaibo en la República Bolivariana de Venezuela. Dentro de la cuenca hidrográfica se encuentran las áreas territoriales de los municipios de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Chinácota, Herrán, Ragonvalia, Los Patios, Cúcuta, Villa del Rosario y Puerto Santander, pertenecientes al departamento Norte de Santander.

El río Pamplonita se constituye como el principal receptor de aguas residuales de los municipios de la zona de influencia directa, causando efectos ambientales como la disminución de la biodiversidad acuática, contaminación del aire incidiendo directamente en la calidad de vida de los pobladores y el aumento en el costo de los tratamientos de potabilización de los acueductos municipales. Para la evaluación y análisis de la calidad del Río la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, ha establecido veintidós (22) puntos de monitoreo desde su nacimiento en Pamplona, hasta la confluencia con el río Zulia; los cuales considerados de gran importancia ambiental ya que influyen de manera directa en la calidad y recuperación del recurso.

El río Pamplonita presenta caudales máximos en épocas de verano de $34,37 \text{ m}^3$ en la zona baja, en inmediaciones de la confluencia con el Río Zulia ubicado en el municipio de Puerto Santander y caudales mínimos de $0,4 \text{ m}^3$ en la parte alta de este en su nacimiento en el municipio de Pamplona; Sin embargo el caudal del río fluctúa considerablemente debido a las tomas agua durante sus 157 km de recorrido, las cuales son utilizadas principalmente para uso doméstico, industrial y agrícola.

Según los cálculos realizados se conoce que la zona media y baja del río presenta las mayores cargas contaminantes debido básicamente a las descargas de aguas residuales domésticas e industriales del municipio de Cúcuta.

**TITULE: CALCULATION OF CHARGES AND INDICES OF POLLUTION IN THE
WATERSHED PAMPLONITA MAIN RIVER.**

**AUTORS: SANDRA MILENA GOMEZ PEÑARANDA.
ALEXANDER VELOSA PACHECO.**

KEY WORDS: AQUATIC BIODIVERSITY, PURIFICATION, LOADS CONTAMINANTS

Pamplonita River Watershed is part of the Great Basin of Catatumbo River Basin Major Zulia, which discharges its waters to Lake Maracaibo in the Bolivarian Republic of Venezuela. Within the watershed are in the territorial areas of the municipalities of Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Chinácota, Herran, Ragonvalia, Los Patios, Cúcuta, Villa del Rosario and Puerto Santander, belonging to Norte de Santander department.

Pamplonita the river is established as the main recipient of wastewater from the municipalities in the area of direct influence, causing environmental effects such as declining aquatic biodiversity, air pollution directly affect the quality of life for residents and increased the cost of treatment of municipal water purification. For the evaluation and analysis of the quality of the Autonomous Regional Corporation Rio de la Frontera CORPONOR Northeast, has established twenty-two (22) monitoring points from its source in Pamplona, to the confluence with the Rio Zulia, which considered of major environmental and that have a direct impact on quality and resource recovery.

The river presents Pamplonita peak flows in times of 34.37 m³ summer in the lowlands, in the vicinity of the confluence with the Rio Zulia located in the municipality of Puerto Santander and minimum flows of 0.4 m³ in the upper part of this at birth in the town of Pamplona, but the river flow fluctuates considerably due to drink water during its 157 km of travel, which are used primarily for domestic, industrial and agricultural.

According to calculations made known to the middle and lower river has the highest pollution loads due primarily to the discharge of domestic sewage and industrial town of Cucuta.

INTRODUCCION.

La disponibilidad de agua de buena calidad más que cualquier otro factor, condiciona la calidad de vida de las personas, sin embargo las características del agua se ven más afectadas cada día por las actividades humanas, las cuales junto con los fenómenos naturales, hacen que sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas varíen notoriamente de un lugar a otro. Igualmente la gestión y administración de los recursos hídricos, obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas; razón por la cual, se hace importante la implementación de metodologías rápidas y económicas para evaluar las características de las fuentes de agua y determinar de una manera aproximada, su calidad y sus posibles usos.

La cuenca principal de Rio Pamplonita tiene una gran importancia en el desarrollo económico y social del departamento Norte de Santander, por ser la fuente principal de abastecimiento de agua potable a los municipios de Pamplona, Pamplonita, Los Patios y Cúcuta. Así mismo esta fuente hídrica, se convierte receptor de aguas servidas de estos mismos municipios durante su paso. Por las anteriores razones es muy importante conocer el estado sanitario de la fuente con el fin de evaluar su viabilidad en los usos actuales.

El cálculo de la Carga contaminante y de los índices de Calidad y contaminación; se convierten en una herramienta de gran importancia

para analizar tendencias, especificar condiciones ambientales, evaluación de programas de control y toma de decisiones gubernamentales para el mejoramiento del recurso.

En el presente trabajo de grado modalidad monografía, se realiza una recopilación de información secundaria y primaria con el fin de conocer el estado de contaminación del río Pamplonita. Se presenta un análisis de los puntos definidos por la Autoridad Ambiental para la evaluación de la fuente hídrica; así como también los resultados de los monitoreos realizados. Como aporte a toda esta información, se realizan los cálculos de carga contaminante y de Indicadores de Contaminación para cada uno de los puntos de interés ambiental y se realiza el respectivo análisis e interpretación de cada uno de estos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar las cargas e índices de contaminación en cada uno de los tramos del Cauce Principal del Rio Pamplonita, desde su nacimiento en el Municipio de Pamplona, hasta la confluencia con el río Zulia, como un aporte a los procesos de planificación, ordenamiento y modelación de la Cuenca.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recolectar la información histórica asociada a calidad y cantidad de agua, de acuerdo con los monitoreos realizados en el río Pamplonita, por las diferentes entidades de la región durante los últimos años.
- Calcular la carga contaminante que transporta el río Pamplonita a lo largo de su cauce principal para determinar el impacto causado por los diferentes vertimientos.
- Calcular los índices de contaminación del cauce principal del río Pamplonita, con el fin de determinar por tramos los niveles de contaminación y su compatibilidad con los usos actuales.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 VALORACION DE LA CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo con la UNESCO/WHO/UNEP (1992), el proceso de la valoración de la calidad del agua, corresponde a una evaluación de la naturaleza de forma química, física y biológica del agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso pretendido, incluidos: consumo, recreación, irrigación y pesca; y particularmente, usos que puedan afectar a la salud de los ecosistemas acuáticos.

En el proceso de la valoración de la calidad del agua incluye el uso de monitoreos como principal herramienta para definir la condición del recurso. El monitoreo por su parte abarca en el tiempo periodos de muestreos largos, mediciones estandarizadas, correlaciones de información en un número determinado de locaciones (estaciones) a intervalos de tiempo regulares; con el fin de proveer datos que puedan ser usados para recabar información y definir las condiciones actualizadas del sistema, establecer tendencias y proporcionar igualmente información para verificar las relaciones causa-efecto.

2.2 ÍNDICES DE CALIDAD Y DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica, en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Con el objeto de hacer más simple la interpretación de los datos de su monitoreo, se

han generado tanto los índices de Calidad de Agua (ICAs), como los índices de Contaminación (ICOs), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. La principal diferencia entre unos y otros está en la forma en como ellos evalúan los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación respectiva para cada índice.

2.3 INDICES EN COLOMBIA.

En Colombia el estudio y la formulación de Índices de Calidad de Agua, han sido abordados desde 1997 principalmente por Ramírez. Tal conjunto de índices denominados ICO (Ramírez, et al., 1997) tuvieron su base en los resultados de análisis multivariados de componentes principales de común utilizando en monitoreos en la industria Petrolera Colombiana.

En el desarrollo de las formulaciones de estos índices, se tuvieron en cuenta diversas reglamentaciones tanto Colombianas, como Internacionales para diferentes usos de agua; así como registros de aguas naturales colombianas y relaciones expuestas por otros autores en los ICA, con el fin de potencializar su uso a diferentes situaciones y lograr en ellos una generalidad en su aplicación. Ramírez estableció el siguiente procedimiento metodológico para las formulaciones de estos índices.

Asignación de valores de contaminación entre Cero y Uno a la escala de las variables.

- Selección de la ecuación que permita relacionar el valor de la variable y su incidencia en la contaminación.
- Aplicación del análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios a la relación entre el índice y el parámetro.
- Ajuste de la Ecuación estimada.

Finalmente este autor en la publicación realizada en el año 1998, establece cuatro Índices de Contaminación Complementarios e independientes de aplicación verificada como son:

- **INDICES DE CONTAMINACION POR MINERIZACION “ICOMO”.**

Integra dureza, conductividad y alcalinidad.

$$ICOMI = 1/3 (I_{\text{CONDUCTIVIDAD}} + I_{\text{DUREZA}} + I_{\text{ALCALINIDAD}})$$

Donde:

$$I_{\text{CONDUCTIVIDAD}} = \text{Log}_{10} I_{\text{CONDUCTIVIDAD}} = 3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \text{ Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log } I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$, tienen un índice de conductividad = 1

$$I_{\text{Dureza}} = \text{Log}_{10} I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \text{Log}_{10} \text{Dureza (mg/l)}$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Dureza}}}$$

Dureza mayor de 110 mg/l tiene un índice = 1

Dureza menores a 30 mg/l tiene un índice = 0

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 \text{ alcalinidad (mg/l)}$$

Alcalinidad mayor es a 250 mg/l tiene un índice = 1

Alcalinidad menor a 50mg/l tiene un índice = 0

- **INDICE DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA
"ICOMO"**

$$ICOMO = \frac{1}{3} I_{\text{DBO}} + I_{\text{COLIFORMES}} + I_{\text{OXIGENO}}$$

Donde:

$$I_{\text{DBO}} = -0,05 + 0,70 \text{Log}_{10} \text{DBO (mg/l)}$$

DBO > 30 mg/l = 1

DBO < 2 mg/l = 0

$$I_{\text{Coliformes Totales}} = -1,44 + 0,56 \text{Log}_{10} \text{Col Tot (NMP/100ml)}$$

Coliformes Totales \square 20.000 (NMP/100ml). = 1

Coliformes Totales \square 500 (NMP/100ml). = 0

$$I_{\text{oxigeno \%}} = 1 - 0,01 \text{ Oxigeno \%}$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

- **INDICE DE CONTAMINACION POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS
“ICOSUS”**

$$ICOSUS = 0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos □ a 340 mg/L tienen un ICOSUSS = 1

Sólidos suspendidos □ a 10 mg/L tienen un ICOSUSS = 0

- **INDICES DE CONTAMINACION POR pH – ICOpH.**

$$ICO Ph = \frac{e^{-31,08+3,45 pH}}{1 + e^{-31,08+3,45 pH}}$$

3. DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CUENCA PRINCIPAL DEL RIO PAMPLONITA.

La Cuenca del Río Pamplonita pertenece a la Gran Cuenca del Catatumbo, Cuenca Mayor del Río Zulia, que vierte sus Aguas al Lago de Maracaibo en la República Bolivariana de Venezuela. Dentro de la cuenca hidrográfica se encuentran las áreas territoriales de los municipios de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Chinácota, Herrán, Ragonvalia, Los Patios, Cúcuta, Villa del Rosario y Puerto Santander.

El río Pamplonita nace al sur del departamento, en el Municipio de Pamplona, en las quebradas Monteadentro y Volcán está ubicada en la microcuenca del mismo nombre ubicada en el Cerro de Alto grande (Páramo de García) a una altura de 3.200 msnm y una temperatura de 8° centígrados; desemboca en el Río Zulia al norte del departamento en el municipio de Puerto Santander a una altura de 50 msnm con una temperatura de 30 grados centígrados.

Esta cuenca cuenta con una extensión de 133871 Has, lo que equivale aproximadamente al 6.1% del área total del Departamento y presenta una longitud de 157,008 Km. La cuenca está ubicada entre las coordenadas planas $X_1 - 1.300.000$ a $X_2 - 1.420.000$ y $Y_1 - 1.150.000$ a $Y_2 - 1.190.000$ y las coordenadas geográficas $72^{\circ} 25'$ a $72^{\circ} 45'$ de longitud Oeste y $7^{\circ} 20'$ a $8^{\circ} 25'$ de latitud Norte. El ancho máximo entre la divisoria de aguas con la cuenca del río Zulia y el límite internacional

con la República Bolivariana de Venezuela es de 35 kilómetros, el ancho mínimo en el caserío el Salado es de 2,5 km.

El río Pamplonita se constituye como el principal receptor de aguas residuales de los municipios de la zona de influencia directa, causando efectos ambientales como la disminución de la biodiversidad acuática, contaminación del aire incidiendo directamente en la calidad de vida de los pobladores y el aumento en el costo de los tratamientos de potabilización de los acueductos municipales.

La Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental como autoridad ambiental del Departamento Norte de Santander, establece 22 puntos de interés ambiental en la cuenca principal del río Pamplonita; los cuales son objeto de monitoreo y seguimiento en diferentes épocas del año, ya que representan gran importancia debido a:

- Suministro de agua para acueductos municipales y veredales.
- Zonas de descarga de aguas servidas.
- Confluencia con otras fuentes.
- Tomas y descargas de agua para distritos de riego.
- Zonas de regulación hídrica.

A continuación se presentan cada uno de los puntos de monitoreos existentes en la cuenca principal del río Pamplonita. (En el anexo 1 se presenta un registro fotográfico de cada uno de los puntos)

3.1 BOCATOMA EL ROSAL.

Coordenadas: X	1155020
Y	1305459

Ubicado la zona rural del Municipio de Pamplona en la Parte alta de la Vereda el Rosal; en este sitio existe una captación del Acueducto del Municipio de Pamplona. Esta Quebrada es una de los afluentes del Rio Pamplonita.

3.2 BOCATOMA MONTEADENTRO.

Coordenadas: X	1156605
Y	1303356

Ubicado en el casco Urbano del Municipio de Pamplona. En este sitio existe una segunda captación del Acueducto del municipio. La Quebrada Monte dentro es afluente del Rio Pamplonita y presenta un caudal promedio de 0,145 m³/seg. De acuerdo al último monitoreo realizado en el primer trimestre del año 2009.

3.3 RADIO F.M.

Coordenadas: X:	1157347
Y:	1306960

Ubicado en el casco urbano del Municipio de Pamplona en el sector donde se encuentra ubicado una estación de radio, cercano al Distrito Militar No 36, Batallón García Rovira. En este sitio ya se han unido los afluentes, Quebrada Monte dentro y Quebrada El Rosal. Presenta un caudal promedio de 0,401 m³/seg.

3.4 CURVA DE LOS ADIOSES.

Coordenadas: X	1159579
Y	1307790

Este Punto se encuentra Ubicado en la entrada del casco urbano del Municipio de Pamplona en el sector denominado “Curva de Los Adioses”. En este sitio son vertidas las aguas residuales de la cabecera del Municipio. Caudal promedio: 0,67 m³/seg.

3.5 PUENTE ULAGA:

Coordenadas: X	1161264
Y	1311769

Este punto se encuentra ubicado sobre la vía Cúcuta-Pamplona, en el sector cercano al Puente ubicado sobre el Río Pamplonita, en el carretable que conduce a la vereda Ulagá del Municipio de Pamplona. Caudal promedio: 1,71 m³/seg.

3.6 CONTROL VILLA MARINA.

Coordenadas: X	1159033
Y	1325170

Ubicado en la jurisdicción del Municipio de Pamplonita, en el km 49 sobre la vía Cúcuta-Pamplona, en el sector donde se encuentra ubicada la granja experimental “Villa Marina” de la Universidad de Pamplona. Esta es una estación de control para determinar el comportamiento de recuperación del Río Pamplonita después de haber recibido las Aguas Residuales del Municipio de Pamplona. Caudal Promedio: 5,24 m³/seg.

3.7 EL DIAMANTE.

Coordenadas: X	1159303
Y	1328473

Este Punto se encuentra Ubicado en el Centro Poblado “El Diamante” sobre la vía Cúcuta-Pamplona, En el sector donde se encuentra emplazado el Puente Hamaca sobre el Río Pamplonita. Esta es una estación de control para determinar el comportamiento de autodepuración del Río Pamplonita. Caudal promedio: 4,23 m³/seg.

3.8 LA DON JUANA

Coordenadas: X	1162412
Y	1342200

Se encuentra Ubicado en jurisdicción del Municipio de Chinácota, sobre la vía Cúcuta-Pamplona-Duranía. Esta estación es de control para determinar las condiciones del Río Pamplonita antes de la confluencia con la quebrada Iscalá, en este sitio se encuentra una estación hidrológica del IDEAM. Caudal Promedio: 8,28 m³/seg.

3.9 ISCALA.

Coordenadas: X	1163014
Y	1342683

Ubicado en Jurisdicción del Municipio de Chinácota, sobre la vía Cúcuta Pamplona, luego del cruce hacia el municipio de Pamplona. Esta estación es de control para determinar las condiciones del Río Pamplonita después de la confluencia con la quebrada Iscalá.

3.10 LA GARITA.

Coordenadas: X	1168551
Y	1348369

Ubicado en jurisdicción del Municipio de Los Patios, en el Sector “Balneario Las Cascadas” del Centro Poblado La Garita. Este punto es importante para el control del recurso en el uso recreacional.

3.11 BOCATOMA CUCUTA.

Coordenadas: X	1170602
Y	1350101

Ubicado en jurisdicción del Municipio de Cúcuta, en el Corregimiento de San Pedro. En este punto se encuentra la Bocatoma del Acueducto de la Ciudad de Cúcuta. Igualmente en este lugar existe una estación limnimétrica de propiedad del IDEAM.

3.12 PUENTE SAN RAFAEL

Coordenadas: X	1173911
Y	1362076

Este punto está ubicado en la cabecera Municipal de Cúcuta, en el sector denominado “Pozo del Soldado” cercano al Distrito Militar No 35, Grupo Maza. Este estación es de control para establecer la calidad del Río Pamplonita luego de haber recibido los Vertimientos de Agua residual del Municipio de Los Patios. En este sector existe una estación limnimétrica del IDEAM.

3.13 SECTOR TACHIRA I.

Coordenadas: X	1175825
Y	1368844

Este Punto se encuentra ubicado en el casco urbano del Municipio de Cúcuta en el sector cercano al puente García Herreros, establecido para evaluar la calidad del Río Pamplonita luego de las descargas de algunos vertimientos del Municipio de Cúcuta, sectores San Luis y La Libertad, al igual que para establecer las condiciones antes de la confluencia con el Río Táchira.

3.14 SECTOR TACHIRA II.

Coordenadas: X	1175666
Y	1369325

Ubicado en el Municipio de Cúcuta, en el río Pamplonita recibe las aguas del Río Táchira, que sirve de división nacional entre la república Bolivariana de Venezuela y la República de Colombia, en este sector el río Táchira contiene descargas de aguas residuales del municipio de Villa del Rosario (Municipio de Colombia) y San Antonio del Táchira (municipio de Venezuela). Este punto es considerado de gran importancia ya que establece las condiciones del Río Pamplonita luego de recibir el afluente Río Táchira.

3.15 SECTOR CAÑO PICO.

Coordenadas: X	1175334
Y	1370632

Este Punto se encuentra ubicado en la vía que de la ciudad de Cúcuta Conduce al Corregimiento San Faustino, en el sector cercano a la cárcel Modelo. Esta estación es de control sobre el Río Pamplonita, luego de recibir la mayor cantidad descarga de agua residual de Cúcuta.

3.16 SECTOR EL CERRITO.

Coordenadas: X	1176134
Y	1371567

Este punto está ubicado en el Municipio de Cúcuta en la vía Cúcuta-San Faustino, en el sector del barrio “El Cerrito”., y se hace importante para evaluar la recuperación del rio en este sector. Se encuentra ubicado a 10 Km del anterior punto.

3.17 RIO ENFERMO.

Coordenadas: X	1178529
Y	1372923

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-San Faustino en el sector donde se encuentra situada la planta de coque “Carboexco Ltda”. En este punto se han efectuado la mayoría de las descargas de aguas residuales industriales ubicadas en el sector, como son las curtiembres, granjas de porcinos.

3.18 BRISAS DEL QUINDIO.

Coordenadas: X	1179290
Y	1373083.

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-San Faustino en el sector donde se encuentra situada la hacienda “La Venezolana”.

3.19 SECTOR EL BABILLO.

Coordenadas: X	1182609
Y	1377735

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-San Faustino, después de atravesar el centro poblado “Santa Cecilia” donde se encuentra situada una planta trituradora de material de arrastre.

3.20 PASO DE LOS RIOS.

Coordenadas: X	1183159
Y	1380487

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-San Faustino en el sector donde se encuentra situada la planta de carbón “INCOLMINE”, en el sector denominado “paso de Los Ríos”. Esta estación es de control para determinar las condiciones del Río Pamplonita después de haber atravesado el caso urbano del Municipio de Cúcuta.

3.21 AGUA CLARA.

Coordenadas: X	1182737
Y	1402771

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-Puerto Santander en el Corregimiento de “Agua Clara”, en el sector de la vía al puente que conduce hacia el centro poblado Guaramito. Esta es una estación de

control para determinar el comportamiento de recuperación del Río Pamplonita. En este sitio se encuentra ubicada una estación limnimétrica del IDEM.

3.22 PUENTE ANGOSTO.

Coordenadas: X	1181331
Y	1412112

Este punto se encuentra ubicado en la vía Cúcuta-Puerto Santander en el Límite entre los Municipio de Puerto Santander y Cúcuta, en cercanías a la confluencia del Rió Pamplonita y el Río Zulia. Esta estación es de control para determinar las condiciones con que el Río Pamplonita desemboca al Río Zulia.

4. CALCULO DE CARGAS.

En el siguiente capítulo se presenta el cálculo de la carga contaminante de acuerdo a los resultados obtenidos en el último monitoreo realizado por la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental CORPONOR en febrero del año 2009.

El monitoreo realizado en esta época consistió en la determinación en campo de los parámetros in situ y ex situ, los cuales se mencionan a continuación.

IN SITU.

- Caudal.
- Temperatura del agua y ambiente.
- pH.
- Oxígeno disuelto
- Conductividad

EX SITU.

- DBO (Demanda bioquímica de Oxígeno)
- DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- SST (Sólidos Suspendidos totales)

- COLIFORMES FECALES Y TOTALES.
- Nitrógeno.

Durante el monitoreo señalado anteriormente se realizaron toma de muestras y aforos de la siguiente manera.

- Toma de muestra para análisis Ex situ: Cada seis (6) horas para un total de cuatro (4) muestras por día para cada uno de los parámetros señalados.
- Muestras in situ excepto caudal: Cada hora, para un total de veinticuatro (24) mediciones diarias de cada uno de los parámetros señalados.
- Caudal: Cada seis (6) horas, para un total de cuatro (4) resultados por día.

La frecuencia de monitoreo por punto fue de 48 horas ininterrumpidas, monitoreando simultáneamente 3 puntos; para esto se conto con dos equipos de trabajo en cada punto, los cuales se alternaban en las jornadas noche y día. A continuación se presenta las fechas de monitoreo por cada uno de los puntos.

Tabla No. 1. Cronograma de Aforos.

PUNTO	03-05/feb	11-13/feb	03-05/marzo	10-12/marzo	17-19/marzo	15-17/abril	22-24/abril	13-14/mayo
Bocatoma El Rosal								
Bocatoma Monte adentro								
RADIO FM								
Curva de los Adioses								
Puente Ulaga								
Villa Marina								
Control El Diamante								
La Don Juana								
Iscalá								
La Garita								
Bocatoma Cúcuta								
Puente San Rafael								
Táchira 1								
Táchira 2								
Caño Picho								
El Cerrito								
Río Enfermo								
Brisas del Quindío								
EL Babillo								
Paso de los Ríos								
Agua Clara								
Puente Angosto								

A continuación se presentan los resultados de los aforos y toma de muestra en cada uno de los puntos evaluados; los resultados se presentan en promedios día. En el anexo del documento se presentan los resultados para cada una de las horas y periodos de evaluados.

4.1 CAUDAL.

Como se menciona anteriormente la medición del caudal se realizo con una frecuencia de 6 horas por punto durante 48 horas. El método de medición utilizado fue por vadeo, utilizando un molinete calibrado para tal fin.

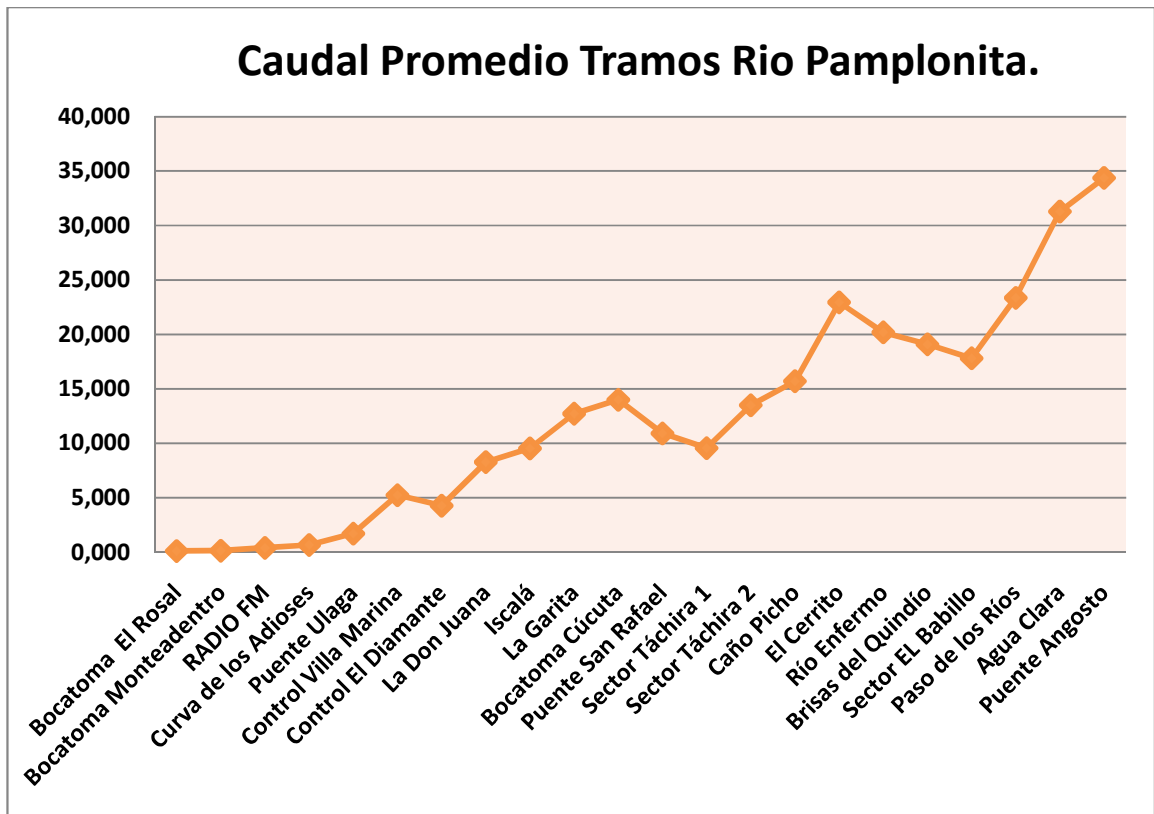
A continuación se presentan los resultados promedio para cada punto de monitoreo.

TABLA No. 2. CAUDAL PROMEDIO TRAMOS RIO PAMPLONITA.

PUNTO DE MONITOREO	CAUDAL PROMEDIO (m³/seg)
Bocatoma El Rosal	0.115
Bocatoma Monteadentro	0.145
RADIO FM	0.401
Curva de los Adioses	0.669
Puente Ulaga	1.714
Control Villa Marina	5.237
Control El Diamante	4.272
La Don Juana	8.282
Iscalá	9.533
La Garita	12.722
Bocatoma Cúcuta	13.992
Puente San Rafael	10.911
Sector Táchira 1	9.559
Sector Táchira 2	13.495
Caño Picho	15.706
El Cerrito	22.944
Río Enfermo	20.189
Brisas del Quindío	19.088
Sector EL Babillo	17.808
Paso de los Ríos	23.357
Agua Clara	31.280
Puente Angosto	34.370

Fuente: Corporación Autónoma Regional Corponor. Monitoreo 2009.

Figura No. 1 Comportamiento del Caudal en el cauce principal del río Pamplonita.



La Figura anterior muestra que el comportamiento de caudal en la corriente Rio Pamplonita va aumento a medida que atraviesa por cada estación.

Inicialmente en el nacimiento del río donde confluyen la Quebrada El Rosal y La Quebrada Monteadentro en el punto del radio F.M el caudal promedio del río es bajo el caudal $0.401\text{m}^3/\text{seg}$, el cual va aumentando gradualmente a medida que recibe las aguas de quebradas y riachuelos que desembocan en la cuenca. De igual manera el caudal del río se ve afectado por las tomas de agua para los acueductos municipales y para sistemas de riego así como también por las descargas de aguas residuales.

En las estaciones Bocatoma Cúcuta y San Rafael hay una disminución debido al caudal captado por el acueducto del Municipio de Cúcuta y los acueductos menores del Municipio de Los Patios. El caudal empieza de nuevo a aumentar cuando la corriente río empieza a recibir los vertimientos de agua residual del Municipio de Cúcuta y el caudal afluente del Río Táchira. El caudal aumenta considerablemente en las siguientes estaciones a medida que al drenan afluentes, hasta que este desemboca al Río Zulia, cercano a la estación Puente Angosto.

A continuación se presenta en la siguiente tabla las microcuencas que drenan al río Pamplonita en los diferentes tramos y que afectan de manera considerable el caudal.

TABLA No. 3. SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS QUE COMPONEN LA CUENCA PRINCIPAL DEL RÍO PAMPLONITA.

	SUB CUENCA				
	RIO PAMPLONITA ALTO	QDA. ISCALA	Qda. LA HONDA	RIO PAMPLONITA MEDIO	RIO PAMPLONITA BAJO
MICROCUENCAS	Qda. Monteadentro	Qda. Ruchical	Qda. Grande	Qda. Chiracoca	Qda. Caño Picho
	Qda. El Volcán	Qda. Mejue	Qda. Los Patos	Qda. Suarez	Qda. La Venezuela
	Qda. Hoja Hancha	Qda. Llano Largo	Qda. Agua Blanca	Qda. Quebraditas	Qda. Tío José
	Qda. La Laguna	Qda. La Tigra	Qda. Arcabuco	Qda. Aguas Negras	Qda. El Magro
	Qda. Bataga	Qda. Cojito	Qda. La Negra	Qda. Regaderas	Qda. Guamales
	Qda. Galinda	Qda. Slavita	Qda. El Triangulo	Qda. Zorsana	Qda. Cañoneros
	Qda. Naranjos	Qda. La Lejia	Qda. Cerro Negro	Qda. Juana Paula	Qda. Agua Sucia
	Qda. Tescua	Qda. Gonzalez	Qda. Falsete	Qda. Agua Linda	Qda. La Rodea
	Qda. Laurel	Qda. La Laguna	Qda. La Palma	Qda. Cienega	Qda. La Europa
	Qda. San Lorenzo	Qda. La Lagunita	Qda. Estanque	Qda. Tascalera	Qda. San Faustino
	Qda. Tulante	Qda. Agua Blanca	Qda. La Carolina		Qda. Don Pedro
	Qda. Corral de piedra	Qda. La Hondita	Qda. Carbón		
	Qda. Sta Helena	Qda. La desgracia	Qda. Agua Negra		
	Qda. El Canal	Qda. Utala	Qda. Morón		
	Qda. Ulaga	Qda. Paramito	Qda. San Miguel		
	Qda. Tanacua	Qda. Colorada	Qda. El Palo		
	Qda. Los Negros	Qda. Matadero	Qda. Colorada		
		Qda. La Cauca	Qda. Orozco		
		Qda. Arruyo			
		Qda. La Gracia			

4.2 RESULTADOS ANÁLISIS IN SITU.

Los análisis in situ tomados en la corriente principal del río Pamplonita fueron los siguientes:

- Temperatura. (T°)
- pH.
- Conductividad.
- Oxígeno Disuelto.

A continuación se presenta los resultados promedios de los datos in situ tomados en cada uno de los puntos de monitoreo. En el anexo del documento se presentan de forma detallada los resultados de estos parámetros para cada hora en el periodo de monitoreo establecido para cada uno de los puntos.

TABLA No. 4. RESULTADOS ANALISIS IN SITU

Estación	pH	T° Amb °C	T° Agua °C	OD (mg/L)	Cond(µs)
Bocatoma El Rosal	7.71	11.77	9.97	6.93	25.69
Bocatoma Monte dentro	7.66	14.10	13.56	7.03	114.28
RADIO FM	7.60	12.07	10.52	6.18	110.44
Curva de los Adioses	8.55	15.43	14.86	3.99	180.63
Puente Ulaga	7.26	17.06	16.02	6.87	197.29
Control VillaMarina	7.69	18.44	17.04	6.80	165.00
Control El Diamante	8.67	21.26	19.69	5.30	131.88
La Don Juana	7.60	24.21	23.69	6.56	187.92
Iscalá	8.42	22.29	20.40	7.28	263.33
La Garita	8.85	21.84	20.20	5.90	155.00
Bocatoma Cúcuta	7.58	23.33	22.73	6.68	218.90
Puente San Rafael	8.48	22.48	21.13	7.57	248.75
S. Táchira 1	8.67	24.73	23.62	6.02	213.96
S. Táchira 2	7.73	26.10	24.63	4.59	392.29
Caño Picho	8.09	25.00	23.94	5.18	436.67
El Cerrito	8.08	26.73	26.38	2.80	365.00
Río Enfermo	7.29	30.19	27.98	3.57	450.00
Brisas del Quindío	7.75	27.42	27.46	3.97	415.42
Sector EL Babillo	7.71	25.63	24.17	2.89	428.75
Paso de los Ríos	8.35	24.92	24.63	5.84	365.00
Agua Clara	7.21	28.00	26.53	5.13	424.86
Puente Angosto	7.10	26.31	26.46	3.85	246.02

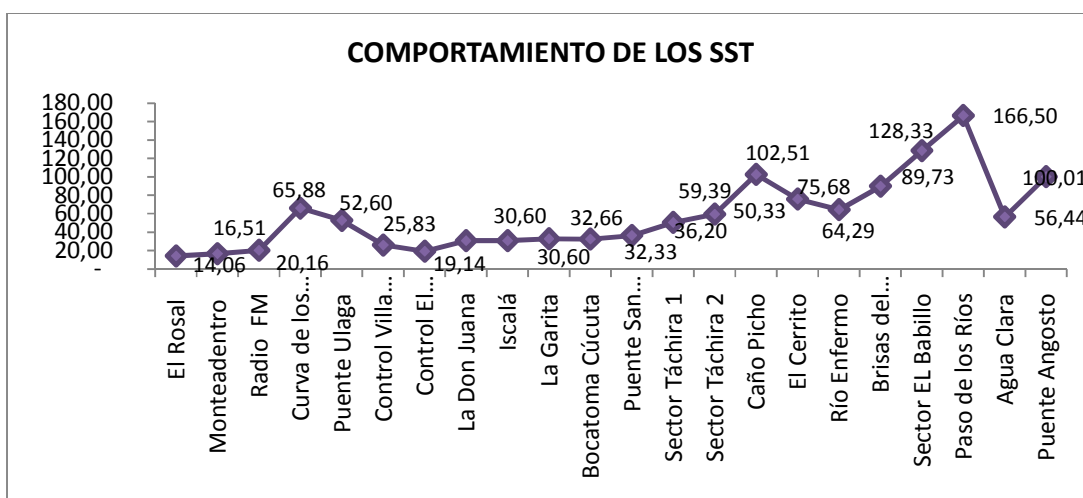
Durante el desarrollo del Monitoreo se realizan pruebas in situ para los parámetros descritos en la tabla anterior; los cuales

TABLA No. 5 RESULTADOS ANÁLISIS EX SITU.

PUNTO	SS	DQO	DBO ₅	TURBIEDAD	Nitrógeno Total
	mg/L	mgO ₂ /l	mgO ₂ /l	NTU	mgN/l
El rosal	14,06	8,54	5,10		4,58
Monte dentro	16,51	9,23	6,13		7,10
Radio FM	20,16	17,69	10,73		10,99
Curva de los Adioses	65,88	94,59	60,08		12,35
Puente Ulaga	52,60	35,35	19,34	38,58	4,86
Control Villa Marina	25,83	14,55	8,60	23,25	3,88
Control El Diamante	19,14	20,75	12,33	21,66	4,35
La Don Juana	30,60	28,67	17,47	27,83	6,87
Isalá	30,60	28,67	17,47	27,83	6,87
La Garita	32,66	31,19	19,02	27,83	7,16
Bocatoma Cúcuta	32,33	6,50	4,56	33,98	4,48
Puente San Rafael	36,20	32,53	19,86	28,71	6,35
Sector Táchira 1	50,33	16,76	10,08	56,30	5,60
Sector Táchira 2	59,39	29,43	19,20	58,11	6,20
Caño Picho	102,51	54,61	35,20	82,41	6,38
El Cerrito	75,68	35,24	21,33	71,25	9,03
Río Enfermo	64,29	26,65	16,79	56,06	8,64
Brisas del Quindío	89,73	32,18	18,40	72,29	9,55
Sector EL Babillo	128,33	47,33	29,60	86,82	8,57
Paso de los Ríos	166,50	38,15	24,53	94,22	9,70
Agua Clara	56,44	24,52	15,79	67,24	7,71
Puente Angosto	100,01	24,37	15,26	108,14	9,65

A continuación se presenta en los siguientes gráficos el comportamiento de cada uno de los parámetros evaluados.

Figura No. 3. Comportamiento de los Sólidos Suspendedos Totales.

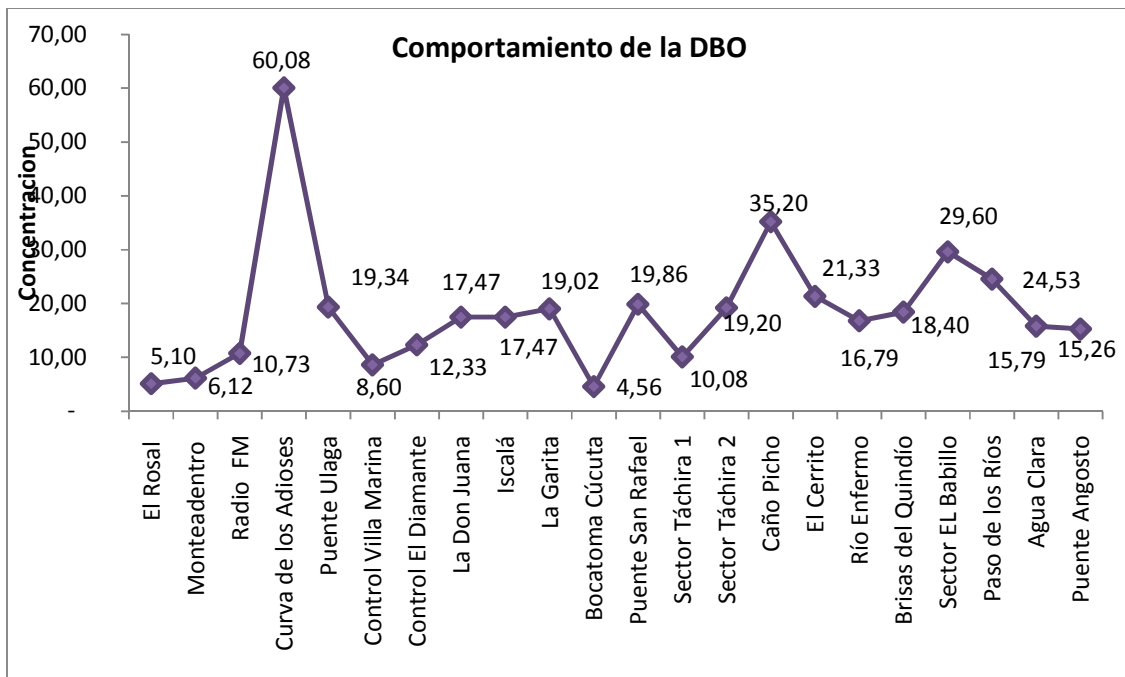


La concentración de sólidos suspendidos se relaciona directamente con el grado de contaminación del agua y los vertimientos. Se observa que en el punto Curva de los Adioses un pico de concentración alto debido principalmente a la descarga de aguas residuales sin tratar del municipio de Pamplona. En este punto el caudal del río es muy bajo lo cual hace que el nivel de dilución sea bajo.

De igual manera en la parte baja del río Pamplonita, en los puntos de El Babillo y Paso de los ríos se observa los mas altos datos en Sólidos Totales, es se debe las descargas de aguas residuales de la zona urbana de la ciudad de Cúcuta y de las industrias existentes en este sector, especialmente curtiembre, granjas porcícolas y avícolas y algunos mataderos clandestinos; así mismo en este sector se realizan extracciones de material de arrastre lo cual hace que se aumente existe la cantidad de sólidos.

En la siguiente gráfica se presenta el comportamiento de la DBO a lo largo del río Pamplonita.

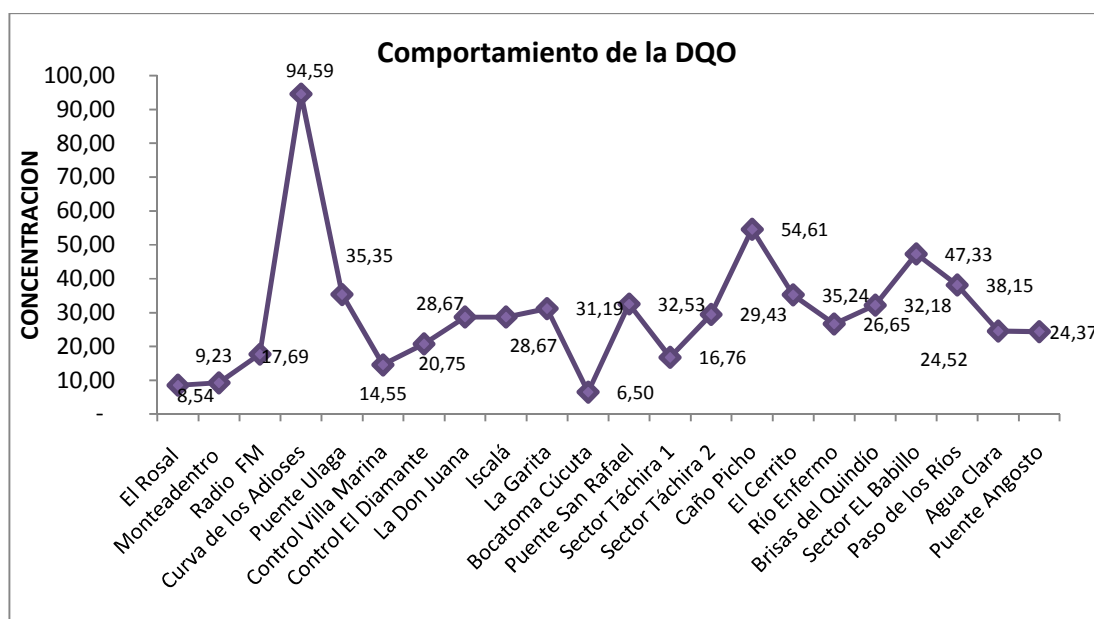
Figura No.4 Comportamiento de la DBO



El comportamiento de la DBO en el curso del río Pamplonita se ve altamente afectado por el porcentaje de materia orgánica vertido. El punto más alto se observa en La Curva de los Adioses debido al alto volumen de aguas residuales vertidos provenientes de la ciudad de Pamplona; es importante mencionar que en este punto el caudal del río es muy bajo en comparación del volumen de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento que se disponen, lo cual hace que los niveles de DBO y DQO sean tan altos.

En la parte media y baja del río Pamplonita se observa picos elevados de DBO, especialmente en Caño Picho, el cual es el lugar donde se disponen el mayor volumen de aguas residuales sin tratamiento de la ciudad de Cúcuta. Así mismo el sector del Babillo recibe las aguas residuales del sector industrial ubicado en la zona nororiental de la ciudad, especialmente curtiembres, ceberias, granjas pecuarias.

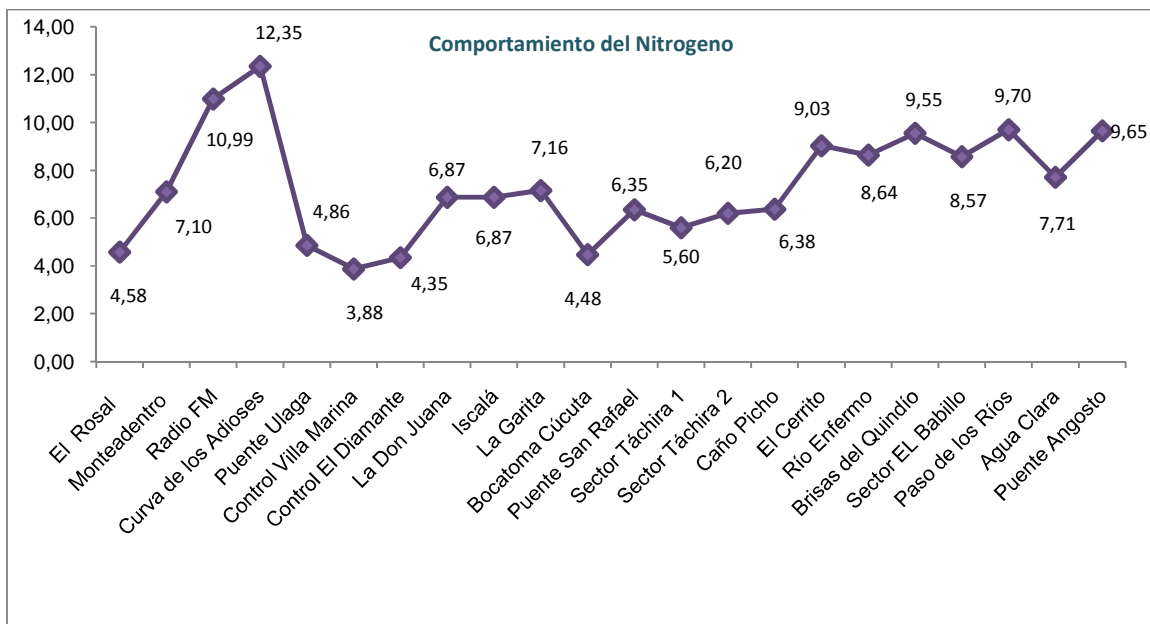
Figura No. 5. Comportamiento de la DQO



El comportamiento de la DQO en el río Pamplonita es similar al comportamiento de la DBO, se observan picos altos en los puntos de mayores vertimientos de aguas residuales como son la Curva de los Adioses y Caño Picho.

Así mismo se observa una recuperación significativa del río en el sector de Bocatoma Cúcuta disminuyendo los valores de la DBO a 6,50 mg₂/L. Sin embargo en el siguiente punto Puente San Rafael se observa que los valores aumentan nuevamente debido a la descarga de aguas residuales del Municipio de Los Patios.

Figura No. 6 Comportamiento de la Nitrógeno.



Los resultados de las pruebas de Nitrógeno, muestran mayores valores en los sitios de vertimientos de aguas residuales. Se observa que en la parte alta del Río Pamplonita en el sector de Curva de los Adioses el valor es mayor, ya que, como se había mencionado anteriormente, este sitio recibe el mayor volumen de aguas residuales del Municipio de Pamplona, con una dilución mínima, puesto que el caudal del río en este tramo es muy bajo (0,66 m³/seg).

Ya en el sector de Puente de Ulaga y Villa Marina las concentraciones de Nitrógeno disminuyen considerablemente, debido al aporte de aguas de las microcuencas al río Pamplonita, llegando a alcanzar un caudal de 5,23 m³/seg, en este sector.

La parte media del río especialmente los sectores la Don Juana y la Garita, la concentración de Nitrógeno Aumenta nuevamente debido al aporte de aguas residuales de los Municipios de Bochalema a través de las Quebradas Agua Blanca y Chiracoca y del Municipio de Chinácota a través de las Quebradas Iscalá y Gamogacho.

En la parte Media Baja y Baja del Rio Pamplonita la Concentración de este parámetro se mantiene alto debido al aporte de grandes volúmenes de aguas residuales del Municipio de Los Patios y San José de Cúcuta; así como también al aporte de aguas residuales agrícolas en la zona rural del municipio especialmente zona baja del río.

4.3 CALCULO DE CARGAS CONTAMINANTES.

Para el cálculo de la carga de un contaminante determinado en una fuente hídrica se utiliza la siguiente ecuación.

$$(C) \times (Q) = \text{Carga}$$

$$\text{Kg/l} \times \text{l/d} = \text{Kg/d.}$$

Donde:

Q: Caudal del río en m³/s.

C: Concentración del contaminante, en mg/l ó g/m³.

En concordancia, la carga contaminante es la cantidad de masa (gramos; kilogramos; toneladas, etc.) del contaminante que fluye en unidad de tiempo (segundo; minuto; hora; día, etc.) por las aguas de la fuente hídrica.

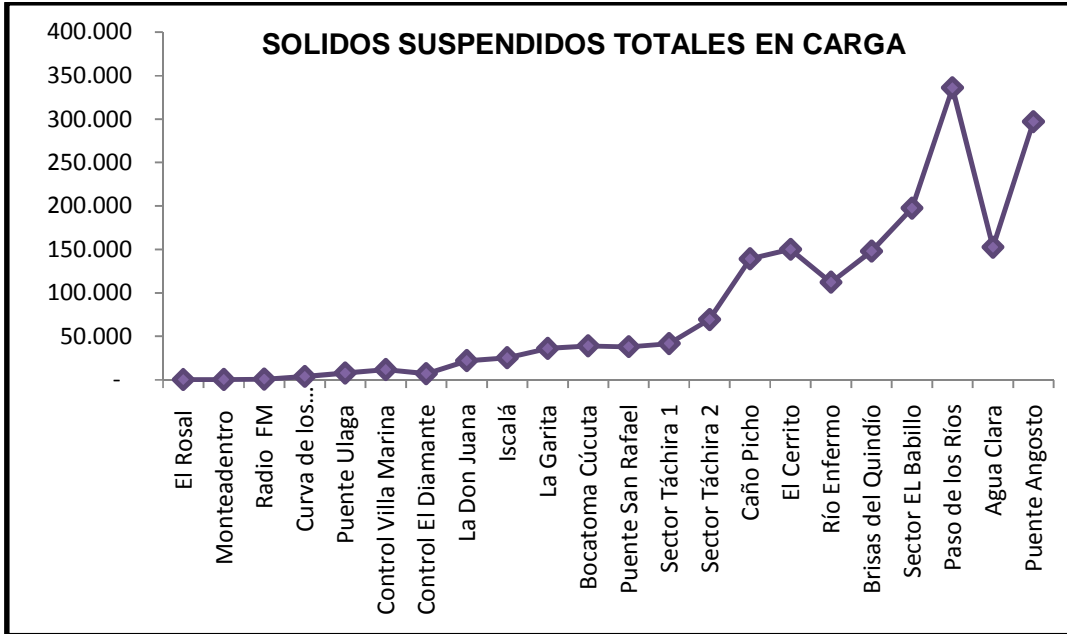
A continuación se presenta el cálculo de la carga contaminante para SST (Sólidos Suspendidos totales), DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Tabla No 6. Calculo de Cargas contaminantes.

PUNTO	Q	CARGA		
		SS	DQO	DBO ₅
	M3/SEG	Kg/dia	Kg/dia	Kg/dia
El Rosal	0,11	139	84,70	50,58
Monte dentro	0,14	207	115,38	76,61
Radio FM	0,40	698	612,17	371,35
Curva de los Adioses	0,67	3.809	5.469,86	3.474,05
Puente Ulaga	1,71	7.789	5.234,71	2.864,28
Control Villa Marina	5,24	11.685	6.583,56	3.891,31
Control El Diamante	4,27	7.063	7.658,04	4.548,69
La Don Juana	8,28	21.894	20.516,26	12.502,27
Isalá	9,53	25.200	23.613,86	14.389,89
La Garita	12,72	35.902	34.279,48	20.903,65
Bocatoma Cúcuta	13,99	39.079	7.858,18	5.515,84
Puente San Rafael	12,16	38.038	34.183,06	20.865,27
Sector Táchira 1	9,56	41.562	13.843,83	8.320,75
Sector Táchira 2	13,49	69.243	34.307,97	22.386,17
Caño Picho	15,71	139.111	74.110,13	47.767,02
El Cerrito	22,94	150.017	69.854,52	42.274,50
Río Enfermo	20,19	112.140	46.486,83	29.283,21
Brisas del Quindío	19,09	147.976	53.063,40	30.345,50
Sector EL Babillo	17,81	197.457	72.828,40	45.543,39
Paso de los Ríos	23,36	335.999	76.987,15	49.508,55
Agua Clara	31,28	152.533	66.267,05	42.673,60
Puente Angosto	34,37	296.989	72.369,07	45.316,05

En las siguientes gráficas se presenta el comportamiento de la carga para cada uno de los contaminantes calculados.

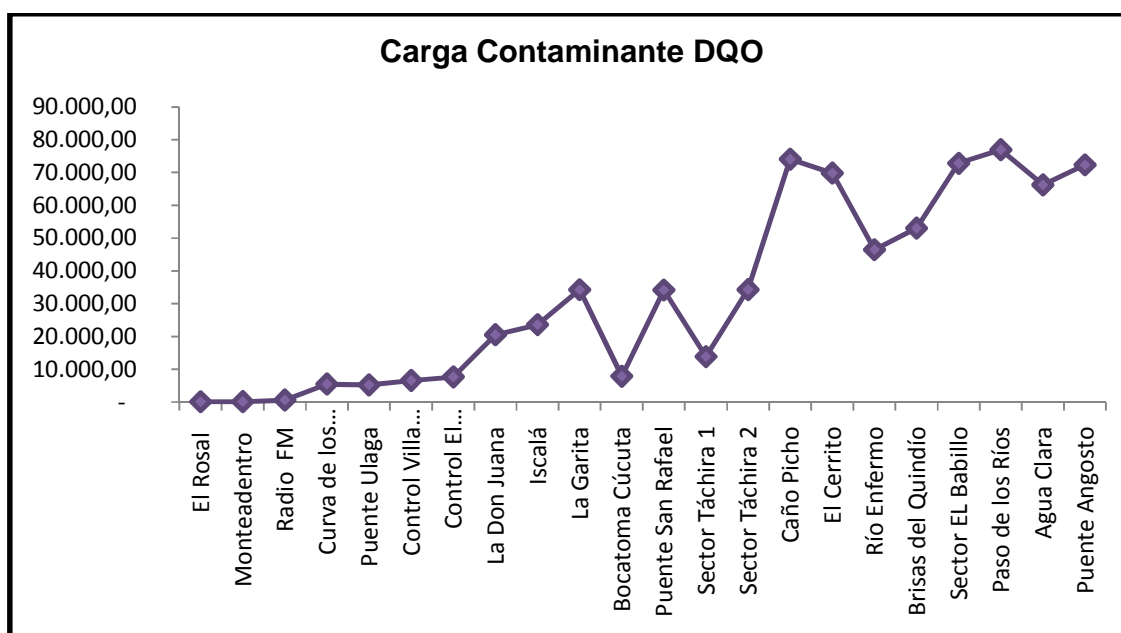
Figura No. 7. Comportamiento de la Carga de SST.



La Carga Contaminante de Sólidos a lo largo del Río Pamplonita aumenta a medida que el río atraviesa su cauce, debido a que el cálculo de cargas se relaciona directamente con el caudal, el cual va aumentando en todo su trayectoria.

Se observa que los valores disminuyen relativamente en algunos puntos de la parte baja de río especialmente en el sector de Río Enfermo debido a que en este lugar la velocidad disminuye favoreciendo procesos de sedimentación.

Figura No. 8 Comportamiento de la Carga DQO.



La Carga de la DBO presenta un comportamiento de picos altos y bajos de acuerdo a las descargas de Aguas Residuales y la Recuperación del río, así como también a los caudales presentados en cada punto.

El sector Bocatoma Cúcuta, presenta valores bajos de carga contaminante, ya que en este sitio el río cuenta con caudales altos y bajos niveles de Concentración de DQO; lo cual favorece los procesos de tratamiento de potabilización del agua.

En el puente San Rafael Aumenta considerablemente la carga contaminante ya que en este sitio el río ha recibido las descarga de aguas residuales del municipio de los Patios y parte del municipio de Cúcuta.

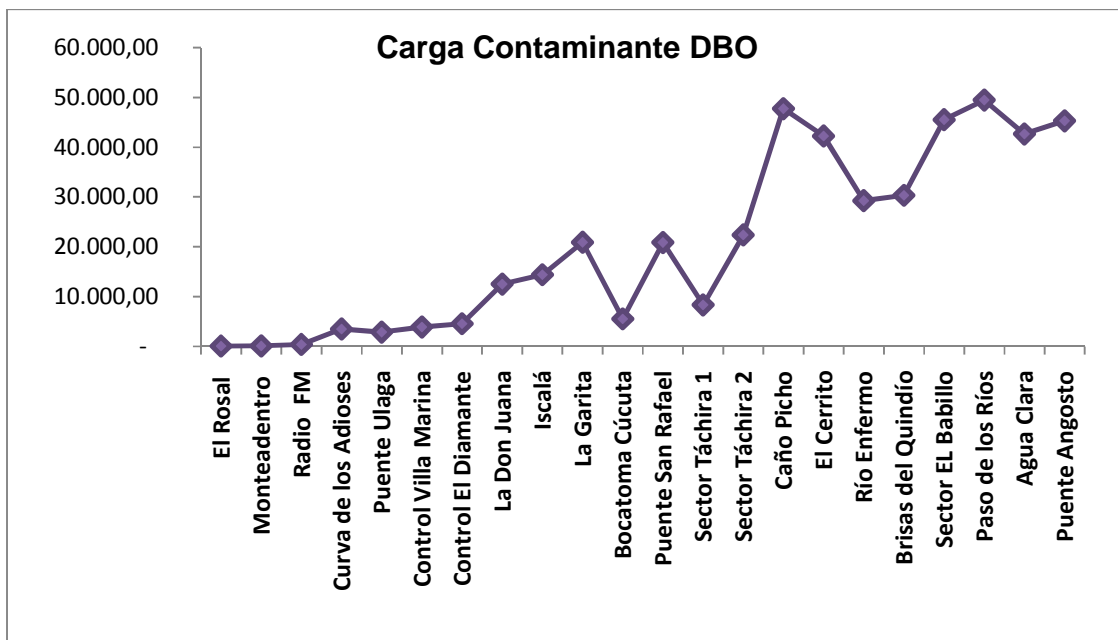
Se observa que en el Sector Táchira I antes de la confluencia con el río Táchira, la carga desciende nuevamente, debido a la disminución del caudal en este punto.

Luego de la confluencia con el Río Táchira los niveles de carga contaminante aumentan drásticamente ya que el aporte de DQO del río Táchira es alto en este

sector, puesto que contiene los vertimientos de aguas residuales del Municipio de Villa del Rosario, San Antonio del Táchira (Municipio Venezolano) y parte del municipio de Cúcuta.

El sector de Caño Picho y el Cerrito reportan los niveles más altos de Carga contaminante en todo el transcurso del río; debido principalmente a que en este sector descarga el mayor volumen de aguas residuales del Municipio de Cúcuta, y del sector industrial (curtiembres, ceberías, granjas).

Figura No. 9 Comportamiento de la Carga DBO.



El comportamiento de la DBO es muy similar a comportamiento de la Carga contaminante de la DQO, ya que estos dos parámetros se encuentran altamente relacionados.

5. INDICES DE CONTAMINACION ICOS.

En el siguiente capítulo se presenta el cálculo de los índices de contaminación para cada uno de los tramos del río Pamplonita.

Se realizó una selección de los índices de contaminación que pudieran ser calculados de acuerdo a la disponibilidad de datos. La metodología utilizada para el cálculo de los indicadores de contaminación fue la desarrollada por Alberto Ramírez González, y Gerardo Viña Vizcaíno.

Los índices de contaminación calculados para el cauce principal del Río Pamplonita desde su nacimiento en el Municipio de Pamplona hasta la confluencia con el río Zulia son:

- ICOMI: Índice de contaminación por mineralización.
- ICOMO: Índice de Contaminación por Materia Orgánica.
- ICOSUS: Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos.
- ICOPH: Índices de Contaminación por pH.

5.1 SIGNIFICANCIA DE LOS INDICES.

De acuerdo a los estudios y las formulaciones desarrolladas por Alberto Ramírez, se establece el siguiente rango para la interpretación de los resultados de cada uno de los índices de contaminación calculados de acuerdo al tramo en estudio.

Tabla No. 7 SIGNIFICANCIA DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

ICO	GRADO DE CONTAMINACION	ESCALA DE COLOR
0- 0,2	Ninguna	
<input type="checkbox"/> 0,2 – 0,4	Baja	
<input type="checkbox"/> 0,4 – 0,6	Media	
<input type="checkbox"/> 0,6 – 0,8	Alta	
<input type="checkbox"/> 0,8 - 1	Muy Alta	

¹Índices de Calidad (ICAs) y de Contaminación (ICOs) del Agua de importancia Mundial. Universidad de Pamplona.

5.2 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA: ICOMO.

El Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se expresa en diferentes variables que incluyen: Nitrógeno Amoniacal, Nitritos, Fosfatos, Oxígeno demanda de Oxígeno (DBO₅ DQO) y coliformes totales y fecales principalmente. Algunas otras variables como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico, también pertenecen a este grupo. De acuerdo a lo contemplado Ramírez selecciona demanda bioquímica de oxígeno y coliformes totales, ya que ellas reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica; así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución.

La fórmula empleada para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica ICOMO fue:

$$ICOMO = \frac{1}{3} I..DBO + I.COLIFORMES + I.OXIGENO$$

Donde:

$$I. DBO = -0,05 + 0,70 \text{Log}_{10} DBO \text{ (mg/l)}$$

DBO>30mg/l=1
DBO<2m/l=0

$$I. \text{ Coliformes Totales} = -1,44 + 0,56 \log_{10} \cdot \text{Col Tot (NMP/100ml)}$$

$$\begin{aligned} \text{Coliformes Totales} \leq 20.000 \text{ (NMP/100ml)} &= 1 \\ \text{Coliformes Totales} \leq 500 \text{ (NMP/100ml)} &= 0 \end{aligned}$$

$$I. \text{ oxígeno \%} = 1 - 0,01 \text{ Oxígeno \%}$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

En la siguiente tabla se presenta los resultados del cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica ICOMO, para cada uno de los tramos del río Pamplonita

TABLA No. 8. CALCULO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA. (ICOMO)

PUNTO	CONCENTRACIÓN DE SATURACIÓN DE OXIGENO	OD mg/L	% DE SATURACION DE O ₂	COLIFORMES TOTALES	DBO5	I DBO5	I Coliformes totales	I Oxigeno %	ICOMO	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
Bocatoma El Rosal	11,12	6,93	62%	9,31E+03	5,10	0,45	0,78	0,38	0,53	MEDIA	
Bocatoma Monte dentro	10,47	7,03	67%	1,93E+04	6,13	0,50	0,96	0,33	0,60	MEDIA	
RADIO FM	11,02	6,18	56%	1,97E+05	10,73	0,67	1,00	0,44	0,70	ALTA	
Curva de los Adioses	10,23	3,99	39%	8,63E+06	60,08	1,00	1,00	0,61	0,87	MUY ALTA	
Puente Ulaga	10,02	6,87	69%	2,32E+06	19,34	0,85	1,00	0,31	0,72	ALTA	
Control VillaMarina	9,84	6,80	69%	9,60E+05	8,60	0,60	1,00	0,31	0,64	ALTA	
Control El Diamante	9,36	5,30	57%	9,95E+04	12,33	0,71	1,00	0,43	0,72	ALTA	
La Don Juana	8,63	6,56	76%	6,43E+04	17,47	0,82	1,00	0,24	0,69	ALTA	
Iscalá	9,23	7,28	79%	8,05E+04	17,47	0,82	1,00	0,21	0,68	ALTA	
La Garita	9,26	5,90	64%	8,78E+04	19,02	0,85	1,00	0,36	0,74	ALTA	
Bocatoma Cúcuta	8,81	6,68	76%	1,42E+05	4,56	0,41	1,00	0,24	0,55	MEDIA	
Puente San Rafael	9,10	7,57	83%	1,16E+06	19,86	0,86	1,00	0,17	0,68	ALTA	
S. Táchira 1	8,64	6,02	70%	5,81E+06	10,08	0,65	1,00	0,30	0,65	ALTA	
S. Táchira 2	8,46	4,59	54%	7,00E+06	19,20	0,85	1,00	0,46	0,77	ALTA	
Caño Picho	8,59	5,18	60%	2,26E+07	35,20	1,00	1,00	0,40	0,80	ALTA	
El Cerrito	8,14	2,80	34%	1,95E+07	21,33	0,88	1,00	0,66	0,85	MUY ALTA	
Río Enfermo	7,86	3,57	45%	1,39E+07	16,79	0,81	1,00	0,55	0,78	ALTA	
Brisas del Quindio	7,95	3,97	50%	9,39E+06	18,40	0,84	1,00	0,50	0,78	ALTA	
Sector EL Babillo	8,54	2,89	34%	9,97E+06	29,60	0,98	1,00	0,66	0,88	MUY ALTA	
Paso de los Ríos	8,46	5,84	69%	6,93E+06	24,53	0,92	1,00	0,31	0,74	ALTA	
Agua Clara	8,12	5,13	63%	1,75E+06	15,79	0,79	1,00	0,37	0,72	ALTA	
Puente Angosto	8,13	3,85	47%	3,14E+06	15,26	0,78	1,00	0,53	0,77	ALTA	

Los datos arrojados del cálculo de ICOMO muestran que la corriente principal del río Pamplonita presenta un grado de contaminación alta y muy alta en todo el trayecto a excepción de las quebradas El Rosal y Montea dentro, las cuales al unirse forman el río.

5.3 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS: ICOSUS:

La determinación del Índice de Contaminación Por Sólidos suspendidos se realiza mediante la concentración de sólidos suspendidos como único parámetro.

El cálculo de este ICO se realizó para cada uno de los veinte dos tramos del río Pamplonita. La finalidad del cálculo es determinar el grado de contaminación del río por sólidos suspendidos, asociado básicamente a las descargas de aguas residuales (domesticas, industriales, agrícolas) y la capacidad de recuperación del cauce.

La fórmula empleada para el cálculo del ICO SUS, fue la desarrollada por Alberto Ramírez, la cual se detalla a continuación.

$$ICOSUS= 0,02+ 0,0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos \square a 340 mg/L tienen un ICOSUSS =1

Sólidos suspendidos \square a 10 mg/L tienen un ICOSUSS = 0

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del ICOSUS para cada uno de los tramos del río.

TABLA No. 9. CALCULO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)

ESTACIÓN	S.S.	ICOSUS	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
Bocatoma El Rosal	14,06	0,02	NINGUNA	
Bocatoma Monteadentro	16,51	0,03	NINGUNA	
RADIO FM	20,16	0,04	NINGUNA	
Curva de los Adioses	65,88	0,18	NINGUNA	
Puente Ulaga	52,60	0,14	NINGUNA	
Control VillaMarina	25,83	0,06	NINGUNA	
Control El Diamante	19,14	0,04	NINGUNA	
La Don Juana	30,60	0,07	NINGUNA	
Iscalá	30,60	0,07	NINGUNA	
La Garita	32,66	0,08	NINGUNA	
Bocatoma Cúcuta	32,33	0,08	NINGUNA	
Puente San Rafael	36,20	0,09	NINGUNA	
S. Tachira 1	50,33	0,13	NINGUNA	
S. Tachira 2	59,39	0,16	NINGUNA	
Caño Picho	102,51	0,29	BAJA	
El Cerrito	75,68	0,21	BAJA	
Río Enfermo	64,29	0,17	NINGUNA	
Brisas del Quindio	89,73	0,25	BAJA	
Sector EL Babillo	128,33	0,37	BAJA	
Paso de los Ríos	166,50	0,48	MEDIA	
Agua Clara	56,44	0,15	NINGUNA	
Puente Angosto	100,01	0,28	BAJA	

5.4 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR PH: ICOPH:

El cálculo del Índice de Contaminación por pH, se determina mediante la medición del potencial de Hidrogeno en cada uno de los tramos del río.

Para la determinación del ICOPH se utilizo la fórmula propuesta por Ramírez; la cual se muestra a continuación.

$$\text{ICO pH} = \frac{e^{-31,08+3,45 \text{ pH}}}{1+ e^{-31,08+3,45 \text{ pH}}}$$

En la siguiente tabla se presenta los resultados del Índice de Contaminación por pH, para cada uno de los tramos del río Pamplonita objeto de estudio.

Tabla No. 10. CALCULO ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR PH (ICOPH)

PUNTO	ESTACIÓN	PH	ICOPH	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
1	Bocatoma El Rosal	7,71	0,01	NINGUNA	
2	Bocatoma Monte dentro	7,66	0,01	NINGUNA	
3	RADIO FM	7,60	0,01	NINGUNA	
4	Curva de los Adioses	8,55	0,17	NINGUNA	
5	Puente Ulaga	7,26	0,00	NINGUNA	
6	Control Villa Marina	7,69	0,01	NINGUNA	
7	Control El Diamante	8,67	0,24	BAJA	
8	La Don Juana	7,60	0,01	NINGUNA	
9	Iscalá	8,42	0,12	NINGUNA	
10	La Garita	8,85	0,37	BAJA	
11	Bocatoma Cúcuta	7,58	0,01	NINGUNA	
12	Puente San Rafael	8,48	0,14	NINGUNA	
13	S. Tachira 1	8,67	0,24	BAJA	
14	S. Tachira 2	7,73	0,01	NINGUNA	
15	Caño Picho	8,09	0,04	NINGUNA	
16	El Cerrito	8,08	0,04	NINGUNA	
17	Río Enfermo	7,29	0,00	NINGUNA	
18	Brisas del Quindio	7,75	0,01	NINGUNA	
19	Sector EL Babillo	7,71	0,01	NINGUNA	
20	Paso de los Ríos	8,35	0,09	NINGUNA	
21	Agua Clara	7,21	0,00	NINGUNA	
22	Puente Angosto	7,10	0,00	NINGUNA	

De acuerdo lo anterior se puede determinar que el índice de contaminación por pH, a lo largo de la cuenca principal del río Pamplonita no es significativo, presentando resultados de baja o ningún grado de contaminación. Estos resultados se deben básicamente a que el pH del río Pamplonita se mantiene en un rango de neutro con valores que oscilan entre 7 – 8.

En los sectores de El Diamante, La Garita y Táchira I, se presentan valores más altos sin superar el grado de contaminación bajo.

5.5 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN.

El ICOMI se expresa en numerosos variables; de ellas se eligieron: Conductividad, como reflejos de los sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

El cálculo del índice de contaminación por Mineralización ICOMI para el cauce principal del río Pamplonita se toma como único dato la conductividad ya que no se cuentan con valores para dureza y alcalinidad.

El ICOMI se define en un rango de 0-1; donde índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a uno (1) lo contrario ²

Para el cálculo del ICOMI se emplea la siguiente fórmula.

$$ICOMI= 1/3 (I.CONDUCTIVIDAD + I.DUREZA + I. ALCALINIDAD)$$

² Sistemas Lóticos. Limnología Colombiana. Alberto Ramírez González y Gerardo Viña Vizcaíno.

Donde:

$$I_{\text{CONDUCTIVIDAD}} = \text{Log}_{10} I_{\text{CONDUCTIVIDAD}} = 3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log } I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$, tienen un índice de conductividad = 1

En la siguiente tabla se presenta los resultados del cálculo del Índice de Mineralización con relación a la conductividad.

Tabla No. 11 Cálculo de Índice de Mineralización (ICOMI)

PUNTO	ESTACIÓN	COND μS	ICOMI	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
1	Bocatoma El Rosal	25,69	0,04	NINGUNA	
2	Bocatoma Monteadentro	114,28	0,31	BAJA	
3	Radio FM	110,44	0,30	BAJA	
4	Curva de los Adioses	180,63	0,58	MEDIA	
5	Puente Ulaga	197,29	0,65	ALTA	
6	Control VillaMarina	165,00	0,51	MEDIA	
7	Control El Diamante	131,88	0,38	BAJA	
8	La Don Juana	187,92	0,61	ALTA	
9	Iscalá	263,33	0,96	MUY ALTA	
10	La Garita	155,00	0,47	MEDIA	
11	Bocatoma Cúcuta	218,90	0,75	ALTA	
12	Puente San Rafael	248,75	0,89	MUY ALTA	
13	S. Tachira 1	213,96	0,73	ALTA	
14	S. Tachira 2	392,29	1,00	MUY ALTA	
15	Caño Picho	436,67	1,00	MUY ALTA	
16	El Cerrito	365,00	1,00	MUY ALTA	
17	Río Enfermo	450,00	1,00	MUY ALTA	
18	Brisas del Quindío	415,42	1,00	MUY ALTA	
19	Sector EL Babillo	428,75	1,00	MUY ALTA	
20	Paso de los Ríos	365,00	1,00	MUY ALTA	
21	Agua Clara	424,86	1,00	MUY ALTA	
22	Puente Angosto	246,02	0,88	MUY ALTA	

El cálculo del índice de Mineralización tomando como base la conductividad, muestra que la parte alta del río especialmente los tres primeros puntos el grado de contaminación es ninguna o baja. Ya en la parte baja especialmente a partir del punto Táchira II, los valores son muy altos.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Ramírez, A; Restrepo, R; Viña, G. 1997. Cuatro Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y Aplicaciones. Ciencia y Tecnología para el Futuro.

Ramírez, A; Viña G. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y Estadísticas de Análisis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. BP exploration, Bogotá.

Ramírez, A; Restrepo, R; Cadeñosa, M. 1999, Índices de Contaminación para Caracterización de Aguas Continentales y Vertimientos, Formulaciones. Ciencia, Tecnología y Futuro.

Arboleda, J. 2000. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, Tercera Edición,. Mc Graw Hill.

Behar R; Zúñiga M; Rojas O. 1997, Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez. Universidad del Valle.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental, IDEAM. Guía Para el Monitoreo y Seguimiento del Agua. Bogotá 2004.

Fernández, N. Índices de Calidad y Contaminación del Agua. Universidad de Pamplona. [http:// www.unipamplona.edu.co/](http://www.unipamplona.edu.co/)

Metodología para la Evaluación Aproximada de la Carga Contaminante. http://www.cathalac.org/index.php?option=com_docman.

Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y aplicación.
<http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>