	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>	
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>i(155)</b>		

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>EDWIN ALBERTO NUÑEZ GARCIA JORGE ANDRÉS REYES BARRAZA</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO</b>
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS INDICES DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CESAR EN EL TRAMO CORREGIMIENTO GUACOCHITO-CORREGIMEINTO LOS CALABAZOS EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR</b>

#### RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL ESTUDIO SE REALIZO EN DOS PERIODOS, UN PERIODO LLUVIOSO Y UN PERIODO SECO, EN EL CUAL SE LLEVO ACABO LA TOMA DE MUESTRAS, UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTRAS, ANÁLISIS DE LABORATORIO, COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS PARAMETROS ESTUDIADOS CON LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL COLOMBIANA DECRETO 1594/1984 Y APLICACIÓN DE LOS INDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA) WQI-NFS E (ICOs), MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE ICATEST V1.0.

#### CARACTERÍSTICAS

<b>PÁGINAS:</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b>	<b>CD-ROM:</b>
-----------------	----------------	-----------------------	----------------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL. OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**DETERMINACION DE LOS INDICES DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CESAR  
EN EL TRAMO CORREGIMIENTO GUACOCHITO – CORREGIMIENTO LOS  
CALABAZOS EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR.**

**EDWIN ALBERTO NUÑEZ GARCIA**

**JORGE ANDRES REYES BARRAZA**

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de ingeniero ambiental**

**Bajo la Modalidad trabajo de grado**

**Director**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ OSORIO**

**Ingeniero ambiental**

**Asesor Técnico**

**JULIO CESAR NUÑEZ GARCIA**

**Microbiólogo**

**Especialista Gestión Ambiental**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Octubre, 2016**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Valledupar, Septiembre de 2016

## Dedicatoria

### *A Dios.*

*Por llevarnos a su lado a lo largo de esta vida siempre llenándonos de alegría y gozo, permitiéndonos llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### *A nuestros padres.*

*Personas cuyas presencias en nuestras existencias ratifican la bendición que hemos tenido de pertenecerles, por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser unas personas de bien, por permitirnos llevar a cabo todos nuestros sueños e impulsarnos para lograrlos, pero más que nada, por sus grandes dosis de amor.*

## **Agradecimientos**

Los autores agradecemos principalmente a Dios por ser nuestro creador, el motor de nuestras vidas, por no haber dejado que nos rindamos en ningún momento y que nos permitió la luz para prepararnos y salir adelante, gracias por nuestros conocimientos, porque con ellos sé que podemos lograr grandes cosas, por ayudarnos a terminar este proyecto, por darnos la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad.

A nuestros padres por todo el esfuerzo y sacrificio que ha hecho para poder salir adelante con nuestra preparación y ser personas de bien.

A la universidad francisco de paula Santander Ocaña y su laboratorio de aguas de la facultad del programa de ingeniería ambiental por permitirnos realizar parte de este trabajo en sus instalaciones.

Al ingeniero y docente Juan Carlos Rodríguez Osorio por su compromiso y apoyo para llevar a cabo este trabajo, junto a nuestro asesor técnico el microbiólogo Julio Cesar Núñez el cual también hizo un gran aporte de su conocimiento en el tema.

## Índice

	Pag.
Introducción .....	xiv
Capítulo 1. Determinación de los Índices de Calidad del Agua del Rio Cesar en el Tramo Corregimiento Guacochito – Corregimiento los Calabazos en el Departamento del Cesar. ....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Formulación del problema. ....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General. ....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Operativa .....	4
1.5.2 Conceptual .....	4
1.5.3 Geográfica .....	5
1.5.4 Temporal.....	5
Capítulo 2. Marco Referencial.....	6
2.1 Marco histórico .....	6
2.3 Marco Teórico.....	10
2.3 Marco conceptual .....	21
2.3.1 Parámetros microbiológicos en el agua.....	30
2.3.2 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada. ....	31
2.4 Marco contextual.....	33
2.5 Marco legal.....	36
Capítulo 3. Metodología .....	40
3.1 Área de Estudio .....	40
3.2 Tipo de Investigación .....	40
3.3 Población.....	41
3.4 Muestra.....	41

3.5 Técnica de recolección de información.....	42
3.6 Procesamiento y análisis de la información .....	42
3.7 Fases de la investigación.....	43
Capítulo 4. Resultados .....	54
4.1 Variables fisicoquímicas y microbiológicas .....	54
4.1.1 PH.....	60
4.1.2 Temperatura .....	61
4.1.3 Turbidez .....	62
4.1.4 Alcalinidad .....	64
4.1.5 Dureza .....	65
4.1.6 Conductividad .....	66
4.1.7 Solidos Suspendidos Totales.....	67
4.1.8 Color.....	68
4.1.9 Oxígeno Disuelto.....	69
4.1.10 Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto .....	70
4.1.11 DBO <sub>5</sub> .....	71
4.1.12 Coliformes Totales y Fecales .....	72
4.2 Índice de calidad del agua (WQI-NSF).....	74
4.2.1 índices de contaminación (ICOs) .....	80
4.2.1.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI). .....	81
4.2.1.2 Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).....	82
4.2.1.3 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). .....	84
Capítulo 5. Conclusiones .....	86
Recomendaciones .....	88
Referencias.....	89
Apéndice .....	94

## Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de clasificación ICA-NSF .....	19
Tabla 2. Factores físicos y químicos, unidades y técnicas aplicadas para su determinación, de acuerdo a los criterios de APHA (2005), Schwoerbel (1975) y Roldan (1992). .....	30
Tabla 3. Método para análisis microbiológico.....	33
Tabla 4. Pendientes cuenca valle del Rio Cesar .....	45
Tabla 5. Coordenadas de ubicación de los puntos. ....	46
Tabla 6. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua. ....	50
Tabla 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 1: Guacochito .....	55
Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 2: Guacoche.....	55
Tabla 9. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 3: Salguero .....	56
Tabla 10. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 4: Calabazos.....	57
Tabla 11. Índice de calidad del agua WQI-NSF y parametros de calidad en los puntos monitoreados.....	75
Tabla 12. Valor ICOMI en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos. ....	81
Tabla 13. Valor ICOSUS en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos. ....	82
Tabla 14. Valor ICOMO en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos. ....	84



## Lista de Gráficas

<i>Grafica 1.</i> Valores de pH registrados en los puntos de muestreo.....	61
<i>Grafica 2.</i> Valores de Temperatura registrados en los puntos de muestreo .....	62
<i>Grafica 3.</i> Valores de turbidez registrados en los puntos de muestreo.....	63
<i>Grafica 4.</i> Valores de alcalinidad registrados en los puntos de muestreo .....	64
<i>Grafica 5.</i> Valores de dureza registrados en los puntos de muestreo.....	65
<i>Grafica 6.</i> Valores de conductividad registrados en los puntos de muestreo .....	66
<i>Grafica 7.</i> Valores de solidos suspendidos totales registrados en los puntos de muestreo .....	67
<i>Grafica 8.</i> Valores de color registrados en los puntos de muestreo.....	68
<i>Grafica 9.</i> Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo .....	69
<i>Grafica 10.</i> Valores de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo.....	71
<i>Grafica 11.</i> Valores de DBO <sub>5</sub> registrados en los puntos de muestreo .....	72
<i>Grafica 12.</i> Valores de coliformes totales registrados en los puntos de muestreo .....	73
<i>Grafica 13.</i> Valores de coliformes fecales registrados en los puntos de muestreo .....	74
<i>Grafica 14.</i> Comportamiento del índice WQI-NSF en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.....	76
<i>Grafica 15.</i> Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Guacochito.....	77
<i>Grafica 16.</i> Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Guacochito.....	78
<i>Grafica 17.</i> Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Salguero.....	79
<i>Grafica 18.</i> Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Calabazos.....	80
<i>Grafica 19.</i> Comportamiento del índice ICOMI en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos. ....	82
<i>Grafica 20.</i> Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.....	83
<i>Grafica 21.</i> Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.....	85

## Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Curvas de comportamiento para cada una de las variables del índice de calidad del agua (WQI) .....	21
<i>Figura 2.</i> Toma de muestra.....	47
<i>Figura 3.</i> Mapa Cartográfico Área de Estudio .....	48

## Lista de Apéndice

<i>Apéndice A.</i> Estaciones de muestreo.....	95
<i>Apéndice B.</i> Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio .....	96
<i>Apéndice C.</i> Resultados de Laboratorio.....	98
<i>Apéndice D.</i> Reportes ICA WQI-NSF.....	106
<i>Apéndice E.</i> Reportes índices ICOs .....	110
<i>Apéndice F.</i> Encuestas .....	128
<i>Apéndice G.</i> Resgiatro Fotografico Encuesta .....	140

## Introducción

El agua es un recurso natural y esencial para la supervivencia de los seres vivos, incluyendo a los seres humanos y sin ella los animales y los seres vivos no podrían vivir, pero además es un recurso indispensable para las actividades que el hombre realiza tales como la industria, agricultura y ganadería. En Colombia a diferencia de muchas naciones del mundo posee un rico y amplio patrimonio natural de recursos hídricos que cada día se ven más amenazados por la contaminación de distintas actividades sobre las fuentes hídricas es por eso que asegurar las condiciones de la calidad del agua constituye una de las necesidades básicas del ser humano, es considerado un factor muy importante en materia de salud.

El presente trabajo se realizó en el Rio Cesar en el tramo que comprende desde el corregimiento de Guacochito hasta el corregimiento los Calabazos, dicho tramo hace parte de la denominada parte de la cuenca media del Rio Cesar del cual se abastecen dichas poblaciones las cuales se encuentran aledañas a afluente el cual es su única fuente más cercana para abastecerse, como al igual es la fuente más cercana para los predios que allí se encuentran en la zona de estudio, el Rio Cesar como su nombre lo dice se encuentra ubicado en el departamento del Cesar, nace en la la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y recorre el departamento de norte a sur con una extensión de 280 km desembocando en la Ciénaga de Zapatosa y el Rio Magdalena.

Se hace necesario la determinación de la calidad del agua del rio cesar tramo corregimiento Guacochito corregimiento los Calabazos, ya que es de gran importancia para

determinar los valores de contaminación orgánica y microbiológica que presenta el recurso hídrico generadas por la intervención antrópica que ejerce presión en el afluente estudiado.

## **Capítulo 1. Determinación de los Índices de Calidad del Agua del Rio Cesar en el Tramo Corregimiento Guacochito – Corregimiento los Calabazos en el Departamento del Cesar.**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

En una cuenca hidrográfica, el uso racional que el hombre hace a los recursos naturales renovables, debe ser orientado en primer término, a resolver los problemas de suministro de agua. Los objetivos para la ordenación y el manejo de los recursos naturales renovables, en una cuenca deben, enfocarse hacer frente a los problemas en los usos del suelo, el subsuelo y el agua, teniendo en cuenta que cada uno depende de los otros y deben considerarse por consiguiente unidos con un enfoque integrado. En Colombia a partir del proceso de implementación de la Política Nacional para Gestión Integral del Recurso Hídrico se ha avanzado en la construcción del concepto de gobernanza del agua, el cual reconoce la prioridad del consumo humano y otros usos en procesos de coordinación y cooperación de distintos y diversos actores sociales, sectoriales e institucionales que participan en su gestión integrada; y asume al territorio y a la cuenca como entidades activas en tales procesos, con el fin de evitar que el agua y sus dinámicas se conviertan en amenazas para las comunidades y, garantizar la integridad y diversidad de los ecosistemas, para asegurar la oferta hídrica y los servicios ambientales. En este sentido, la gobernanza plantea nuevas maneras de entender la gobernabilidad, en tanto ubica la autoridad del Estado en función de su capacidad de comunicación y concertación con roles y responsabilidades claras, para acceder al agua de manera responsable, equitativa y sostenible. (IDEAM, 2008).

En el departamento del Cesar se presentan problemas en algunas corrientes hídricas como es el caso de la cuenca media del Río Cesar el cual no es ajeno a dichas problemáticas. El Río Cesar es una fuente principal que abastece en su recorrido a poblaciones aledañas como son los corregimientos de: Guacochito, Guacoche sector Salguero y el corregimiento de los Calabazos (Anuario Estadístico de Valledupar, 2005). El abastecimiento del agua en esta zona se da para uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario. En la actualidad la mayoría de los ecosistemas en el departamento del Cesar, continúan bajo los efectos de las actividades humanas; uno de los principales factores, se constituye la demanda de material de construcción, específicamente material de arrastre los cuales se realizan periódicamente en distintos puntos de la cuenca media del afluente, una problemática también asociada como lo son el vertimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales como es el caso dado en el sector del puente salguero, y que también generan un problema en cuanto a la características y calidad del recurso agua en esta Corriente Hídrica, Los desechos agrícolas y domésticos de las poblaciones y predios cada vez crecientes y ubicadas a lo largo de la cuenca media del Río Cesar, tienen como destino final su cauce.( Corpocesar 2011).

## **1.2 Formulación del problema.**

Teniendo en cuenta la problemática expuesta anteriormente surge el siguiente interrogante.  
¿Es buena la calidad el agua de la cuenca media del rio cesar actualmente?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Determinar los índices de calidad del agua del Rio Cesar en el tramo entre los corregimientos Guacochito-corregimiento Los Calabazos en el departamento del Cesar.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- ❖ Realizar la toma de muestra y los análisis físico-químicos y microbiológicos en laboratorio.
- ❖ Comparar los resultados de laboratorio con la normativa ambiental colombiana decreto 1594/1984.
- ❖ Aplicar los índices (ICA) por el método WQI- NSF e Índices ICOs para establecer la calidad del agua.(ICATEST V1.0)

### **1.4 Justificación**

Los vertimientos al rio de aguas residuales, y otros desechos, la extracción de material de arrastre en diferentes puntos de la cuenca media del rio las cuales están afectado el afluente en sus componentes naturales, Mostrando un panorama preocupante debido a que de este afluente se abastecen poblaciones aledañas como es el caso del corregimiento de Guacochito, Guacoche, asentamientos en el sector del puente Salguero y el corregimiento de los Calabazos. Por lo



anterior se justifica este trabajo de investigación lo cual se hace necesario realizar un estudio para determinar el estado actual de calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos implementando los índices de calidad del agua (ICA) e (ICOs) por método de NSF en el tramo a estudiar el cual se encuentra en la cuenca media del Rio Cesar, y con esto también poder determinar si el vital líquido es apto para el uso agrícola, uso doméstico, y consumo de las poblaciones y a su vez tomar medidas preventivas según sea el caso y ponerlo en conocimiento a dichas poblaciones.

## **1.5 Delimitaciones**

### **1.5.1 Operativa**

La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: análisis fisicoquímicos y microbiológicos, índices de caracterización de aguas (ICA); el cual abarca el (ICOMI) índice de contaminación por mineralización (ICOMO) índice de contaminación por materia orgánica y el (ICOSUS) índice de contaminación por solidos suspendidos.

### **1.5.2 Conceptual**

Realizar el trabajo de campo en la cuenca media del rio cesar tramo corregimiento guacochito-corregimiento los calabazos en el departamento del cesar donde se incluye la toma de muestras en diferentes puntos de la zona a estudiar.

### **1.5.3 Geográfica**

El análisis de las muestras tomadas en la cuenca media del río Cesar en el tramo corregimiento Guacochito-Corregimiento Los Calabazos se realizará en el laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### **1.5.4 Temporal**

En la elaboración del presente proyecto se establecen tres (4) meses en el cual incluye el trabajo de campo (toma de muestras).

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco histórico

Antecedentes Los pioneros en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad (ICA) fueron Horton (1965) & Liebman (1969). Sin embargo, estos solo fueron utilizados y aceptados por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando los ICA tomaron más importancia en la evaluación del recurso hídrico.

El índice general de calidad del agua fue desarrollado por Brown et al. (1970) y mejorado por Deininger para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975 NAS (1975). Con estos estudios, el Departamento Escocés para el Desarrollo (SSD), en colaboración con instituciones regionales para la preservación del agua, llevaron a cabo extensas investigaciones para evaluar la calidad del recurso en ríos de Escocia.

En 1970 los trabajos se basaron en la metodología Delphi, como el The National Sanitation Foundation (NSF), realizando el índice de calidad de agua (WQI), que en español es conocido como ICA, con base en nueve parámetros: DBO5, OD, coliformes fecales, pH, cambio de temperatura, SDT, fósforo total y turbiedad (NSF, 2006). Este índice es en la actualidad uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos y el mundo.

Ott (1978) presentó una discusión detallada sobre la teoría de índices ambientales y su desarrollo así como una revisión sobre los índices. Dinius (1978). Sólo hasta 1980, el Departamento de Calidad Ambiental de Oregón, desarrolló su propio índice a partir del NSF, sin embargo, su aplicación fue discontinua dada la dificultad de su cálculo en computadores de primera generación. Entre 1995 y 1996 se desarrollaron, entre otros, los siguientes avances: la Estrategia de Evaluación de la Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment-SAFE) que formuló un índice en 1995. El índice de British Columbia (BCWQI) desarrollado en 1996 y El Programa de Mejoramiento de la Cuenca Baja de WEP (1996) que desarrolló un índice en 1996. Según Cude (2001), desde 1978 hasta 1994, revisiones de literatura de los ICA desarrollados desde su introducción han revelado nuevos enfoques y proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de las investigaciones. Entre los años de 1995 y 1996 se desarrollaron indicadores especiales para una cuenca o región: en 1995, con la Estrategia de evaluación ambiental de Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment - SAFE), que formuló un índice especial para la Florida, en 1996 el Índice de British Columbia (BCWQI) de Canadá y el desarrollo del Programa de mejoramiento de la cuenca baja de Miami WEP (1996). La Comunidad Europea desarrolló el índice universal de la calidad del agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable. Este indicador se basa en doce variables: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, OD, DBO5, fósforo total, pH y coliformes totales Boyacioglu (2007).

En primera instancia, para la Selección de Parámetros se pueden considerar entre 2 y un número infinito de los mismos. La opción para la consideración de éstos, se da acorde con las circunstancias, estándares y criterios de tiempo y localización, además del concepto de un

experto. Seguidamente para la determinación de los subíndices pueden ser utilizados varios métodos:

➤ **Convertir el parámetro en un número dimensional por medio de diagramas de calibración.** En este caso se debe desarrollar para cada parámetro su propio diagrama, en el que se indique la correlación entre el parámetro y su valor en la escala de calidad. Esta escala generalmente está entre 0 y 100, aunque también se acostumbra escalarlos entre 0 y 1. Una alternativa para el diagrama de calibración es realizar una tabla de calibración. En estas tablas, el valor del parámetro está igualmente relacionado con la escala de calidad.

➤ **Criterios de diseño para un índice de calidad del agua. Desde sus principios la base de la mayoría de los índices.** La constituyó la metodología Delphi, que se aplicó al índice de Calidad de Agua desarrollado por “The National Sanitation Foundation (NSF)”, que consistió básicamente en la asignación de factores de ponderación a parámetros físicos, químicos y biológicos, por la sumatoria de los valores de los subíndices en un valor final que expresa el valor total del índice. Este método implica la simplificación y el uso de juicios subjetivos.

De acuerdo con esto, existe la oportunidad de asignar mayor importancia a algunos parámetros, sin embargo, pueden existir otros que no hayan sido determinados, estudiados o entendidos. Por consiguiente, es importante que los parámetros y valores que constituyen un índice se precisen adecuadamente; por otra parte, el índice puede no considerar la información correcta y puede interpretar de forma incorrecta la situación. Los índices e indicadores sólo son útiles como herramientas de decisión que a su vez estén de acuerdo con la estructura y pesos del

índice. Puede no considerar la información correcta y puede interpretar de forma incorrecta la situación. Los índices e indicadores sólo son útiles como herramientas de decisión que a su vez estén de acuerdo con la estructura y pesos del índice.

En este último año, un estudio realizado por Helmond y Breukel, demostró que por lo menos 30 índices de calidad de agua son de uso común alrededor del mundo, y consideran un número de variables que van de 3 a 72. Prácticamente todos estos índices incluyen por lo menos 3 de los siguientes parámetros: O<sub>2</sub>, DBO y/o DQO, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N, pH y sólidos totales. Para el caso Latinoamericano, en México se han desarrollado diversos índices de Calidad de Agua a medida que la normatividad se ha desarrollado (Montoya, 1997). dentro de los índices generales de común utilización en este país se encuentran, los de Horton, Brown, Prati, Mcduffi, Dinius y el INDIC-SEDUE. El índice INDIC-SEDUE fue el primero en desarrollarse y aplicarse en México y en Jalisco, tuvo un uso común en la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Subdelegación de Ecología de la Delegación SEDUE-JALISCO González (1980). Este índice de Calidad de Agua está basado en el índice desarrollado por Dinius y adaptado y modificado por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) de la SEDUE.

En Colombia de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua IDEAM (2002). La medición de parámetros fisicoquímicos es una actividad rutinaria. Sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad de agua, a pesar de las recomendaciones explícitas en la legislación y de los desarrollos de formulaciones propias como las de Ramírez y colaboradores (1997, 1999, 2005), aunque éstas sí vienen siendo aplicadas regularmente dentro de la industria del petróleo. Tan solo

algunas corporaciones autónomas regionales en las ciudades de Santafé de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali y Manizales, aplican formulaciones de origen norteamericano en sus programas de monitoreo. En 2002, diferentes entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental Colombiano, incursionaron sobre la base de los desarrollos de Ramírez & Viña (1998) y otros autores en el diseño de 14 indicadores ambientales, de los cuales 3 corresponden a la oferta hídrica, 2 a la sostenibilidad del recurso, 6 a la calidad del agua dulce y 3 ICAs adicionales para las aguas marinas y costeras. A pesar de este importante esfuerzo, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización IDEAM et al. (2002). A pesar de este importante esfuerzo, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización IDEAM et al. (2002). Como se puede ver y a pesar de los desarrollos en el ámbito mundial y local en cuanto al desarrollo de ICAs-ICOs, en la actualidad se hace necesario dentro del marco de la valoración y manejo del agua, desarrollos de Sistemas Integrados de Evaluación del Recurso Hídrico y no tan sólo de formulaciones separadas.

### **2.3 Marco Teórico**

El agua es la sustancia más abundante en la naturaleza y ocupa una de las tres cuartas partes de la tierra las cuales están cubiertas por ella. Además es una de las pocas sustancias que se presenta en la naturaleza en los tres estados de la materia, solido: ( en los casquetes polares por ejemplo) liquido: ( ríos y lagos) gaseoso: ( nieblas, nubes o vapor de agua de la

atmosfera).por contaminación de aguas superficiales de entiende como la incorporación de elementos extraños de naturaleza(física-química o biológica los cuales hacen riesgoso o inútil su uso para (beber, vida acuática riego en industria, energía, transporte (Holding, 2004).La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua Gómez et al. (2007). Para este tipo de análisis se usan los bioindicadores, que son organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible McCarthy & Shugart (1990). Los efectos de la contaminación sobre los organismos bentónicos en ecosistemas acuáticos han sido ampliamente estudiados en Europa y Estados Unidos (Verdonschot & Nijboer, 2004 en Pavé & Marchese, 2005). Más recientemente se han utilizado los macro invertebrados en estudios de impacto urbano (Roy et al. 2003 en Pavé & Marchese, 2005), los cuales sustentan que el estudio de las comunidades del macrobentos, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo, ya que estas comunidades y su productividad se ven afectadas por diversos factores del medio físico (Bournaud et al. (1996) en Hurtado et al. 2005) tales como temperatura del agua, velocidad de la corriente, naturaleza del substrato y flujo. Este último adquiere un papel dominante ya que con él se relacionan otros factores fisicoquímicos como el oxígeno, pH y turbidez Margalef, 1983 en García, 1999).

Bernal et al. (2006) caracterizaron la comunidad de macro invertebrados de la Quebrada Paloblanco en la cuenca del Río Otún del Departamento de Risaralda. Para el (2008) Gutiérrez utilizó los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la granja



Yamboró, Huila. En el mismo año, (Duque, s.f) evaluó la calidad del agua de la parte alta de tres quebradas en la microcuenca Llanitos (Villamaría, Caldas) a través de análisis fisicoquímicos y de macro invertebrados acuáticos. En suma, los macro invertebrados acuáticos han adquirido una creciente importancia en el análisis de la calidad del agua, debido a que no sólo revelan las condiciones ambientales actuales, sino que actúan como reveladores de las condiciones en el tiempo (Alba-Tercedor, 1996). Estos organismos incluyen grupos como platelmintos, anélidos, artrópodos y moluscos. Los artrópodos constituyen el grupo más numeroso y entre estos las larvas y ninfas de insectos son las más importantes representadas por Efemerópteros, Odonatos, Plecópteros, Neurópteros, Hemípteros, Coleópteros, Trichópteros, Lepidópteros y Dípteros Margalef (1983) & Roldán (1992). Estos viven adheridos a hojas, rocas, en contacto con el sustrato y por lo tanto, con las sustancias tóxicas que se encuentren en él, y que como resultado de sus estrategias de vida y su hábito sedentario, actúan como bioindicadores continuos del lugar que habitan (Rosenberg & Resh, 1993) en Pavé & Marchese, 2005).

Desde hace varias décadas se han propuesto y empleado los Índices de Calidad de las Aguas (ICA), los cuales tienen como propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Martínez de Bascaran, 1976, Prat et al. 1986, Mopt 1992). Los ICA tienen como objeto la estimación de un número generalmente entre 0 y 1, ó 0 y 100, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo lótico continental. Con ello se pretenden reconocer, de una forma ágil y fácil, problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas. Las bondades resultan mayores cuando se evalúa una cantidad amplia de cursos hídricos, o incluso, si solamente se estudia uno, pero en forma periódica.

Algunas de las variables incluidas en estos índices merecen no obstante ser cuestionadas como es el caso de la temperatura, por cuanto su valor se modifica de forma natural con la altitud y las épocas climáticas. De igual modo, las impurezas aparentes constituyen una variable cualitativa subjetiva al observador, que incluye entre otros, olor o apariencia. Al respecto, Behar et al. (1997) plantean inquietudes por la presencia de la temperatura y los nitratos en el ICA. Prat et al. (1986), Encontraron las siguientes incongruencias en un estudio realizado en aguas españolas: cursos con alta conductividad pero a la vez con alta concentración de oxígeno, conducían a valores excesivamente bajos del ICA por ellos utilizado (ISQA); bajas correlaciones entre la demanda química del oxígeno (DQO) y el ICA sugieren que se puede prescindir de la DQO; no existe correlación entre el ICA y el índice biológico de taxones presentes; la ponderación de algunos parámetros es excesiva. Un interrogante mayor a los ya planteados, lo representa el hecho de conjugar en un único registro una inmensa cantidad de variables que denotan problemas de contaminación ampliamente disímiles. A manera de ejemplo, tres cursos hídricos diferentes podrían obtener una calificación de 0,6, la cual señala una condición regular en sus aguas; en el primero de ellos bien podría ocurrir alta temperatura, sólidos inorgánicos y turbiedad, en el segundo elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes totales, y en el tercero valores medios de todas las variables que conforman el índice. Es claro entonces, que las situaciones ambientales definidas en cada curso son completamente distintas, situación que no discriminan generalmente los índices de calidad de las aguas. Si bien el desarrollo de los ICA ha jugado un papel muy importante en el contexto ecológico y medio ambiental, sus debilidades constituyen un obstáculo importante para su aplicación, ya que al concentrarse en un único número la cualidad de un cuerpo de agua, se produce una inmensa pérdida de información (en concordancia con Behar et al. 1997), y con ello, se enmascara la condición real y los cambios

que se suceden sobre un curso hídrico. Es importante recalcar lo anterior, puesto que se pretende relacionar estos índices con indicadores biológicos de contaminación (Prat et al. 1986, Zúñiga et al. 1994). No obstante, un ICA bajo (por ejemplo, menor a 0,5), tan sólo permite asociar la presencia abundancia de una determinada especie o taxón, a una condición regular general, mas no a un problema de contaminación particular, como por ejemplo contaminación orgánica. Para lograr esto último, tendría que retornarse a la matriz de variables fisicoquímicas y observar el comportamiento de numerosas variables, hecho que debilita la utilidad de los ICA. En razón de las limitaciones manifiestas en los ICA, se presentan en este documento las formulaciones y fundamentaciones para el empleo de cuatro índices de contaminación (ICO), los cuales son complementarios en sentido ecológico y, por lo tanto, permiten precisar problemas ambientales. Como punto de partida para la formulación y consolidación de los índices de contaminación, se tomaron como base los siguientes estudios limnológicos, llevados a cabo por grupos de la industria petrolera en el país y de los cuales los autores formaron parte: Línea Base del Oleoducto de Colombia (Oleoducto de Colombia - Ecopetrol, ICP 1993): comprende 31 variables en tres épocas de monitoreo, sobre un total de 16 cuerpos lóticos y 33 estaciones en lénticos. Se localiza entre la Estación de Vasconia, en Puerto Boyacá y el terminal petrolero de Coveñas. - Monitoreo del campo Cusiana - Cupiagua (BP. Exploration - Ecotest 1996a): incluye 35 variables muestreadas en 31-37 estaciones de sistemas lóticos, en seis oportunidades. Comprende las cuencas de los ríos Unete, Cusiana y Túa, en la vertiente del Río Meta. - Monitoreo del Bloque Piedemonte (BP. Exploration - Ecotest 1996b): de 24 a 27 cursos lóticos, 34 variables fisicoquímicas, en 4 épocas de muestreo. Sobre el Piedemonte casanareño en las cuencas de los ríos Pauto, Cravo Sur y Charte. - Monitoreo del corredor del oleoducto El Porvenir - Vasconia (Oensa - Ecotest 1996), con 28 variables fisicoquímicas, sobre 25

estaciones en cuerpos de agua lóticos y en tres épocas de muestreo. - Monitoreo del corredor del Oleoducto Cusiana - Coveñas (Ocensa - Ecotest en preparación): tiene lugar en 74 cursos lóticos, sobre 26 variables fisicoquímicas. Se ha tomado la información relativa al primero de tres muestreos (julio 1996). En todos los estudios referidos, se llevó a cabo una caracterización fisicoquímica de las aguas mediante Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta estadística tiene como propósito reducir un espacio multivariado (ej: numerosas variables fisicoquímicas) a unos pocos ejes o componentes explicando un alto porcentaje de la varianza total (Overall & Klett, 1972; Kendall, 1975; Johnson & Wichern, 1982). Esta técnica ha sido ampliamente reconocida a nivel mundial en la caracterización fisicoquímica de arroyos Boulton & Lake (1990), ríos Simoneau (1986), áreas inundables Johnston et al. (1990), lagos (El-Shaarawi et al., 1986; Schetagne, 1986; Matthews et al. 1991) y ciénagas contaminadas por petróleo Viña et al. (1991). Así mismo, ha sido la base de análisis para numerosos programas de monitoreo limnológico llevados a cabo en España (Margalef, 1983). El ACP tiene la virtud de agrupar las estaciones con condiciones ambientales similares y de desagregar aquellas que manifiestan las características más disímiles, a partir de las correlaciones existentes entre unas y otras variables. Este hecho señala que su aplicación es más consistente en estudios con numerosas estaciones, pues se incrementa la solidez del análisis. La relación del ACP con la formulación de los índices de contaminación no estriba en sus resultados, sino en el cálculo de matrices de correlación entre todas las variables, hecho que permite identificar las asociaciones entre ellas (Margalef, 1983; Ramírez, 1988; George et al. 1991). De los estudios y análisis referidos, se tomó entonces la información pertinente a dichas matrices en las cuales se identifican además, las correlaciones significativas a un nivel de confiabilidad del 95%. A partir de ellas, se definieron grupos de variables fisicoquímicas que denotan una misma condición

ambiental y se seleccionaron algunas de las variables más representativas o de fácil determinación, para ser involucradas en los índices de contaminación (ICO). El procedimiento seguido en la formulación de los ICO fue similar al empleado en el desarrollo de los ICA: - Selección de variables físicas y químicas. - Asignación de valores de calidad (0 a 1) a diferentes concentraciones de las variables, o establecimiento de una relación (ecuación) entre índice - variable, con base en legislaciones o parámetros definidos por diversos autores para diferentes usos del agua. Las variables fisicoquímicas que se involucraron en el cálculo de los ICO, al igual que los ICA, recayeron en condiciones generales de la calidad del agua y no en contaminantes específicos.

Índices de contaminación Con base en las correlaciones referidas, se definen los siguientes índices de contaminación: Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): se expresa en numerosas variables, de las cuales se eligen: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionan demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correla- 141 CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro - Vol. 1 Núm. 3 Dic. (1997) A. RAMÍREZ. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable contiene alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las

anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos. - Índice de contaminación trófico (ICOTRO): se determina en esencia por la concentración del fósforo total. Como hay una alta correspondencia entre las variables involucradas en los ICO y aquellas definidas por otros autores en los ICA. De igual modo, las relaciones índices - concentración para las variables coincidentes, resultan muy próximas entre sí.

Con el fin de facilitar la interpretación de los datos físicos, químicos y biológicos, cada vez más agencias medioambientales, universidades e institutos recurren a los índices de calidad y contaminación del agua (ICA e ICOs), los cuales mediante una expresión matemática que representa todos los parámetros valorados permiten evaluar el recurso hídrico. La elaboración y aplicación de cualquier indicador es específica para cada región o fuente en particular; pero su construcción básicamente consta de tres pasos fundamentales: la selección de las variables, la determinación de los subíndices para cada parámetro y la elección de la fórmula de agregación. Los variables que más se tienen en cuenta en este proceso son: pH, oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), una forma de nitrógeno, fosfatos y sólidos totales (ST). Por lo tanto su uso no puede ser generalizado ya que se podría terminar realizando juicios subjetivos, además bajo un solo indicador no se puede evaluar la dinámica de un sistema, por lo que es importante también el estudio de cada variable individualmente. Este artículo presenta una revisión de los indicadores ICA e ICOs más utilizados en algunos países de América y Europa, así como su diseño e interpretación, que se basan en parámetros físico-químicos para su evaluación.






ICA-NSF surge en los años setenta y en la actualidad es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de abastecimiento en Estados Unidos y muchos países del Mundo (NSF, 2006). Para su desarrollo se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada esencialmente en tres pasos.

Probaron 35 variables de contaminación basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático o foco de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: no incluido, indeciso o incluido, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa (Ott, 1978; Brown et al. 1970).

Evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron nueve variables de mayor importancia: OD, coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO3-fosfatos, temperatura y turbidez. Se asignaron los pesos relativos o peso de importancia del parámetro ( $w_i$ ) correspondientes a los factores de contaminación en aguas de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración. Con esta última etapa se construyen niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100, siendo organizados en una gráfica en las ordenadas y los niveles de las variables en las abscisas, estas curvas son conocidas como relaciones funcionales o curvas de función, construidos para los nuevos parámetros (Ott, 1978; Brown et al. 1970).

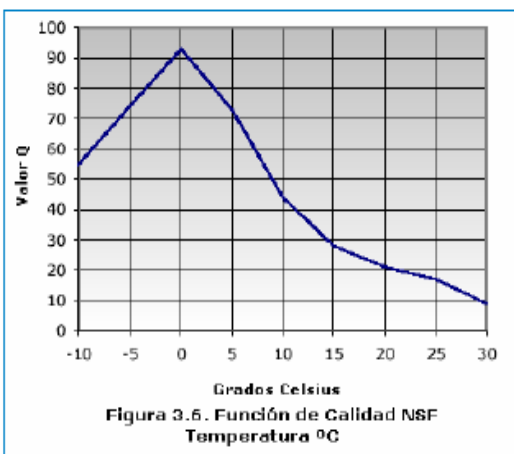
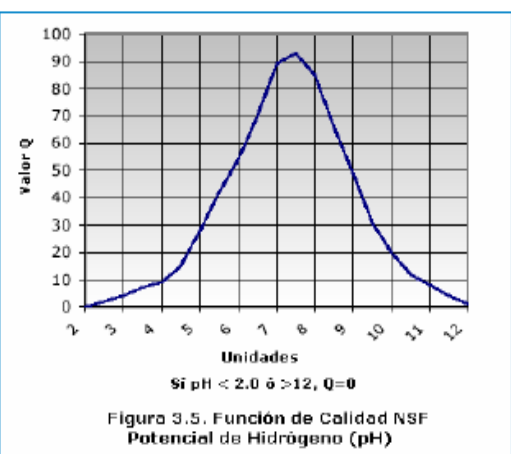
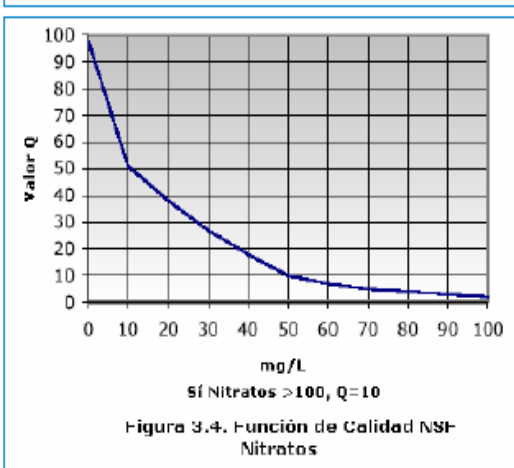
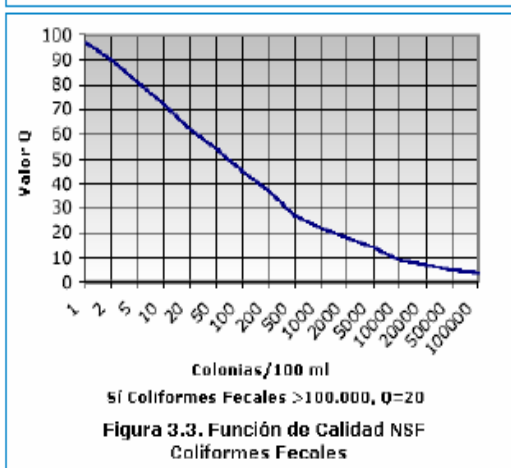
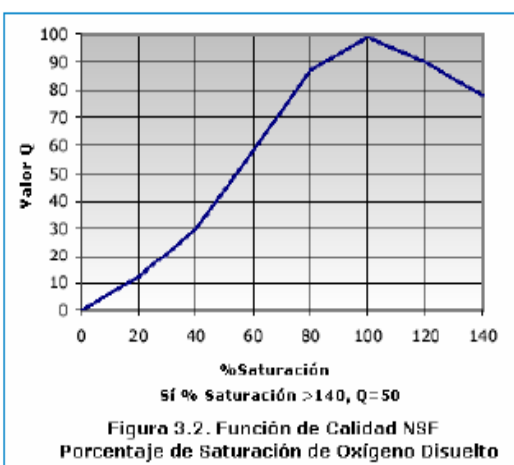
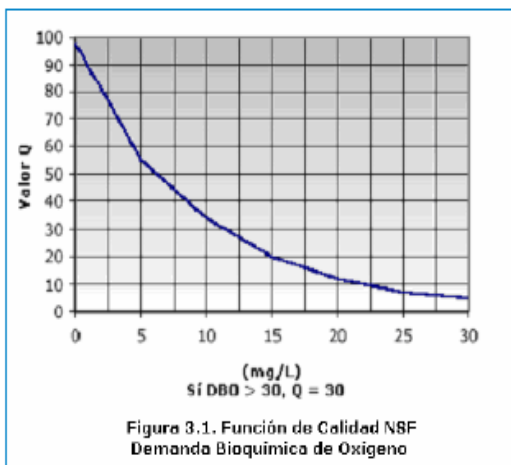
Tabla 1.

Escala de clasificación ICA-NSF

<b>RANGO</b>		<b>ESCALA DE COLOR</b>
EXCELENTE	91-100	
BUENA	71-90	
MEDIA	51-70	
MALA	26-50	
MUY MALA	0-25	

Tomado: de Fernández y solano (2005)





Tomado de: Fernández y solano unipamplona (2005)

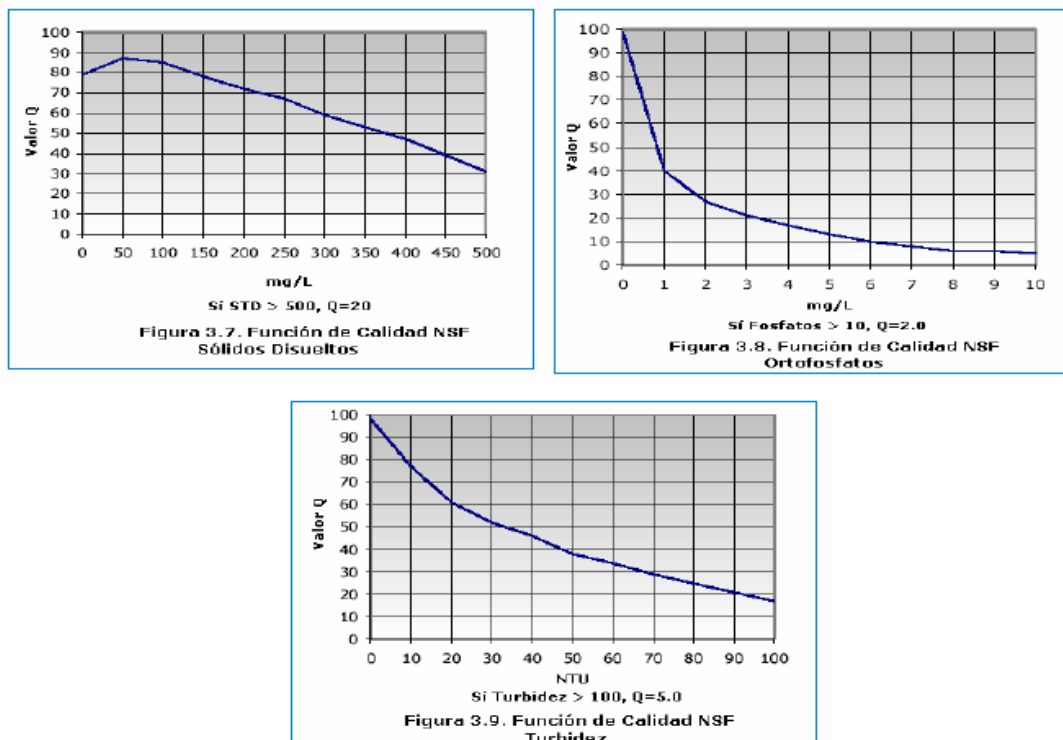


Figura 1. Curvas de comportamiento para cada una de las variables del índice de calidad del agua (WQI).

## 2.3 Marco conceptual

**Calidad del agua.** El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar bajo estas consideraciones, se dice que un agua está

contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar importancia a los procesos de muestreo, las unidades y terminologías empleadas.

Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos.

A continuación se tratan en detalle las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, su relación con los principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano.

**Características físicas.** Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes: Turbiedad - Sólidos solubles e insolubles – Color -Olor y sabor – Temperatura – PH-nitritos.

**Desechos orgánicos.** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etcétera Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

**Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

**Nutrientes vegetales inorgánicos.** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

**Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etcétera acaban en el agua y permanecen, en algunos casos,

largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

**Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.

**Sustancias radiactivas.** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**Parámetros físicos en el agua.** Los parámetros de Calidad de Agua para consumo humano se toman de las definiciones entregadas por ROMERO R. Jairo Alberto, Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, en la Facultad de Ingeniería Ambiental, quien realizó un compendio de los conceptos fundamentales de química y microbiología del agua que son útiles para entender lo básico de los procesos de potabilización de agua.

**Color.** Las causas más comunes del color en el agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etcétera, en diferente estado de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa.

**Turbiedad.** La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de la muestra de agua. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en un gran número de industrias procesadoras de alimentos y bebidas. Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

**Temperatura.** La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación

de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

**Conductividad.** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

**Parámetros químicos en el agua.** Alcalinidad. La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido de sustancias alcalinas (OH<sup>-</sup>). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua. En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos y Hidróxidos

**Nitritos.** Dióxido de Nitrógeno, NO<sub>2</sub>, formado por acción bacterial sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Se usa como preservativo de algunos alimentos y es poco común en aguas por su facilidad de oxidación en nitrato. En dosis altas es perjudicial por sus efectos como

vasodilatador cardiovascular, su contribución a la metahemoglobinemia en los infantes y la posible formación de nitrosaminas, las cuales son probables carcinógenos.

**Nitratos.** Usualmente introducido al agua por contaminación humana. Concentraciones altas causan metahemoglobinemia en la población infantil y diarrea, por lo que se limita su concentración en agua potable a 10 mg/L-N. Concentraciones mayores de 100 mg/L interfieren con el ensayo de coliformes. Sirve, además, como indicador de calidad sanitaria del agua.

**Sulfatos.** El ión sulfato, uno de los aniones más comunes en las aguas naturales, se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta unos miles de mg/L. Como los sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos. El contenido también es importante, porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.

**Fosfatos.** Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fósforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada.



**Hierro.** El hierro crea problemas en suministros de agua. En general, estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnio anaeróbico de lagos estratificados; en algunos casos, también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses. Las aguas con hierro, al ser expuestas al aire, se hacen turbias e inaceptables estéticamente por acción del oxígeno, así como por la oxidación del hierro soluble, en  $Fe^{3+}$  el cual forman precipitados coloidales. El hierro, en bajas concentraciones, imparte sabores metálicos al agua. Hasta donde se conoce, el consumo humano de aguas con hierro no tiene efectos nocivos para la salud.

**Oxígeno Disuelto (OD).** Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua. La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial.

**Dureza.** La dureza del agua es la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalente de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espumas de detergentes en contacto con el agua y representa una serie de problemas de incrustación en equipos industrial y domésticos, además de resultar nocivo para consumo humano.

**PH.** La capacidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como al costo que suponen la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión.

**Significado sanitario.** El oxígeno disuelto OD se utiliza para el control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes. Se mide para asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento. Los cambios biológicos producidos en un residuo líquido se conocen por la concentración de oxígeno disuelto. Sirve como base para calcular la DBO. Es un factor de corrosión del hierro y el acero y se controla o elimina en sistemas de distribución de agua y vapor.

Tabla 2. Factores físicos y químicos, unidades y técnicas aplicadas para su determinación, de acuerdo a los criterios de APHA (2005), Schwoerbel (1975) y Roldan (1992).

<i>Campo</i>		<i>Laboratorio</i>	
Factor	Técnica	Factor	Técnica
Temperatura (°C)	Potenciometria	Turbidez (NTU)	Nefelometría
Oxígeno Disuelto (mg/)	Potenciometria	Alcalinidad (mg/L)	Volumetría
pH	Potenciometria	Acidez (mg/L)	Volumetría
Conductividad (µS/cm)	Potenciometria	Dureza (mg/L)	Volumetría
		PO4 (mg/L)	Fotometría
		NO3 (mg/L)	Fotometría
		NO2 (mg/L)	Fotometría
		NH4 (mg/L)	Fotometría
		SO4 (mg/L)	Fotometría
		H2S (mg/L)	Fotometría
		DBO5 (mg/L)	Incubación durante 5 días a 25°C
		DQO (mg/L)	Reflujo abierto
		Hidrocarburos	Espectrofotometría

Tomado de: Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del Rio Cesar. (2011) Universidad del Atlántico.

### 2.3.1 Parámetros microbiológicos en el agua

**Coliformes.** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan lactosa a temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

**Coliformes totales.** Los coliformes totales son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C. Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo “coliforme” forman parte varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etcétera. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etcétera. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario.

**Coliformes fecales.** Los coliformes fecales son coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas.

### **2.3.2 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.**

El agua puede ser un elemento conductor de microorganismos transmisores de enfermedades. Entre las enfermedades que se contraen por la ingestión de aguas contaminadas se pueden citar las siguientes: Tifoidea, Paratifoidea, Disentería amebiana y Hepatitis. El peligro de adquirir estas enfermedades se halla especialmente en las áreas rurales o urbanas donde los sistemas de potabilización no son acordes a las características de la fuente de abastecimiento.

El mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, metales pesados etcétera, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos).

Consumir agua en mal estado es una de las principales fuentes de infección y la causa de diversas enfermedades gastrointestinales como el cólera. Alrededor de 2 millones de personas mueren cada año debido a diarreas, siendo la mayoría de ellos niños menores de 5 años.

Las parasitosis intestinales causadas por protozoarios están ampliamente distribuidas en el mundo, y su prevalencia e incidencia son mayores en los países con deficientes condiciones de higiene y saneamiento ambiental, como sucede en los países en vías de desarrollo.

Desde el punto de vista de sus mecanismos patogénicos, los protozoarios intestinales se dividen en dos grupos: 1) los que ocasionan diarrea por invasión de la mucosa intestinal como *Entamoebahistolytica* y *Balantidiumcoli* y 2) los que ocasionan diarrea inflamatoria, no invasiva, entre los cuales se encuentran *Giardiaduodenalis*, *Cryptosporidium spp.*, *Isospora spp.*, *Cyclospora spp.* Y *Microsporidios spp.*

La variedad de agentes patógenos cambia en función de factores variables como la densidad poblacional y animales, el mal manejo de las aguas residuales, los cambios de los hábitos de las personas o de las intervenciones médicas, los desplazamientos y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o

mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. Los microorganismos transmitidos por el agua se multiplican en el intestino y se eliminan por el cuerpo a través de las heces. Esto puede determinar la aparición de una contaminación fecal de las fuentes de suministro, entonces un nuevo hospedador puede consumir esa agua y el patógeno puede colonizar su intestino.

Tabla 3. Método para análisis microbiológico.

Factor	Unidades	Método
Coliformes totales	NMP de microorganismos por 100ml.	Tubos múltiples
Coliformes fecales	NMP de microorganismos por 100ml.	Tubos múltiples

Fuente: Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del Río Cesar (2011)

## 2.4 Marco contextual

La Historia del departamento del Cesar, Colombia es importante. La historia está enmarcada dentro de las principales poblaciones que conforman el departamento principalmente, en el marco de su ciudad capital, Valledupar, y su historia, además del contexto geográfico asociado al río Cesar y el valle que crea dicho cauce.

La idea de crear el departamento del Cesar, nació a partir de la creación del departamento de La Guajira, que fue segregado del Departamento del Magdalena. Los esfuerzos por la

segregación de los municipios del Cesar se basaban en las diferencias históricas entre provincianos de Valledupar y la ciudad costeras de Santa Marta, a orillas del mar Caribe.

El río Cesar, que recorre 280 km entre los departamentos de La Guajira y el Cesar, junto con sus afluentes conforma una cuenca que se encuentra localizada al sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta y al occidente de la Serranía de Perijá con una extensión aproximada de 1 776 900 hectáreas (Atlas ambiental del Cesar, 1996). El río ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades ribereñas, debido a que en torno a este se realizan casi todas las actividades económicas importantes de la zona, como son la agricultura, la pesca, la explotación de material de arrastre y la ganadería. Sin embargo, llevar a cabo dichas actividades sin la debida precaución o medida ha causado daños al ecosistema de esta fuente natural de agua.

La cuenca del río Cesar está conformada por territorios de dos departamentos que son La Guajira y el Cesar El área de drenaje en la cuenca abarca unos 22 931 km<sup>2</sup>, que desemboca en la ciénaga de Zapatosa, y de ahí al río Magdalena (corpocesar 2011)

Ya se han escrito algunos estudios sobre el río Cesar. El primer libro del que se tiene conocimiento, es el escrito por Luis Striffler en 1880 que fue publicado diez años después. Se trata de las notas del viaje que emprendió el autor en el Cesar y al oriente de la Sierra Nevada en 1876. Es un relato subjetivo, lleno de anécdotas donde se mezclan la realidad con las leyendas locales. En ese momento, “la Costa Caribe era un inmenso peladero y la orilla derecha del río

Magdalena, que incluía la muy menguada Santa Marta y la gran cuenca del Cesar, contenía 89 000 pobladores censables en 1869-70, o sea el 3% del total colombiano” (Striffler, 2000).

La primera de ellas se enfoca en el uso que se da al recurso hídrico suministrado por la cuenca del río solo en La Guajira, es decir, no se concentra en el río. La investigación tampoco profundiza en las actividades económicas de los asentamientos humanos ribereños. Por otro lado, el segundo trabajo mencionado sí describe esto último en detalle, aunque solo lo hace para algunas estaciones de muestreo, quedando por fuera varios municipios por donde pasa el río (como Astrea, Chiriguaná y Chimichagua).

Las Corporaciones Autónomas Regionales, al ser las entidades encargadas desde 1993 de administrar los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible han realizado en los últimos años investigaciones que apuntan a identificar la calidad del agua en la cuenca del río Cesar y los efectos negativos de las actividades económicas en ella, con el fin de reglamentar el uso de este recurso hídrico que permita su efectiva protección ambiental. Dos investigaciones destacadas son: por un lado, la realizada por Corpoguajira y la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta en 2010; y por otro lado, el estudio llevado a cabo por la Universidad del Atlántico para Corpocesar en 2011.

En la caracterización del río Cesar realizada por la Universidad del Atlántico (2011), cuatro estaciones de muestreo correspondían a corregimientos del municipio de Valledupar. Uno de ellos es Badillo, el cual tiene 1224 habitantes que se dedican a la agricultura, la ganadería doble propósito y la extracción de material de arrastre. Otro corregimiento tenido en cuenta fue



Guacochito, que tiene una población de 750 habitantes. (Dane, 2005) Allí la principal actividad económica es la extracción de material de arrastre, el cual es vendido en los centros de acopio de Valledupar.

Existen alrededor de 50 trabajadores en esta actividad (paleros) que pueden llegar a duplicarse en la temporada alta (el verano). En ese caso los trabajadores extra llegan desde Valledupar y los corregimientos de, Guacoeche y Guacochito, La última estación tenida en cuenta en el muestreo realizado por la Universidad del Atlántico (2011) es el Puente Salguero, que se encuentra ubicado al sur del municipio de Valledupar, en la carretera que va hacia los municipios de San Diego y La Paz. Por debajo del puente es posible observar el curso del río Cesar y allí se realizan los vertimientos de las aguas residuales del municipio de Valledupar. Esta es precisamente la principal relación entre el río Cesar y Valledupar.

## **2.5 Marco legal**

**Constitución política de Colombia de 1991. Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

**Decreto 1449 de 1977.** Mediante el cual se establecen obligaciones a los propietarios de predios sobre conservación, protección y aprovechamiento de las aguas.

**Decreto 1594:** se estipulan los criterios de calidad que deben alcanzar las fuentes de agua para posibilitar los diferentes usos; en él se indican los criterios de calidad como guías para ser utilizadas para el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

Establece que los usos del agua serán: consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial y transporte así como que en los sitios donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso, corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.

### **CAPITULO. III**

De la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas, estuarinas y servidas.

**Artículo 29.** Para los efectos del presente Decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad: Consumo humano y doméstico- Preservación de flora y fauna–Agrícola–Pecuario-Recreativo-Industrial-Transporte

### **Capitulo IV**

De los criterios de calidad para destinación del recurso.

**Artículo 37.** Los valores asignados a las referencias indicadas en el presente capítulo se entenderán expresados en miligramos por litro, mg/l, excepto cuando se indiquen otras unidades.

**Artículo 38.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.

**Artículo 40.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.

**Artículo 41.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario.

b) El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

c) El NMP de coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

**Artículo 42.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario.

**Artículo 43.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario.

**Artículo 44.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético.

- 1) Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.
- 2) Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- 3) Ausencia de sustancias que produzcan olor

**Artículo 45.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas.

**Artículo 47.** Para los usos referentes a transporte, dilución y asimilación no se establecen criterios de calidad, sin perjuicio del control de vertimientos correspondiente.

**Artículo 48.** Para el uso industrial, no se establecen criterios de calidad, con excepción de las actividades relacionadas con explotación de cauces, playas y lechos, para las cuales se deberán tener en cuenta los criterios contemplados en el párrafo 1 del artículo 42 y en el artículo 43 en lo referente a sustancias tóxicas o irritantes, pH, grasas y aceites flotantes, materiales flotantes provenientes de actividad humana y coliformes totales.

## **Capítulo 3. Metodología**

### **3.1 Área de Estudio**

El desarrollo de este trabajo se llevó a cabo en la cuenca media del río Cesar en el departamento del Cesar, el cual comprende el tramo desde el corregimiento de Guacochito, ubicado hacia el nororiente del departamento como punto inicial a una distancia de 18 km de Valledupar la capital, y como punto final del tramo el corregimiento de los calabazos ubicado en la zona suroriental del departamento y a una distancia de 20 km de Valledupar. Dentro de este tramo se encuentran el corregimiento de Guacoche, y los asentamientos en el sector Salguero. Estas poblaciones se encuentran aledañas al afluente el cual es en la actualidad su fuente más cercana para abastecerse de agua, igualmente se encuentran aledañas diferentes áreas agrícolas las cuales también se abastecen del mismo para realizar las diferentes actividades agrícolas y agropecuarias. El tramo a estudiar comprende una longitud de 38,3 km.

### **3.2 Tipo de Investigación**

Respecto a la oferta hídrica, en la cuenca media del río Cesar por su cercanía a dichas poblaciones es por lo general para uso doméstico y uso agrícola, por lo que para determinar la calidad del recurso hídrico se utilizará una metodología descriptiva teniendo en cuenta que en el tramo a estudiar se tomaron cuatro puntos para las muestras ubicados a lo largo del tramo.

anteriormente mencionado. De esta forma con este trabajo se dará una perspectiva más clara de las condiciones en que se encuentra actualmente las condiciones del agua en este tramo.

Para la ejecución del proyecto de caracterización del cuerpo de agua del cual se abastecen para diferentes usos los corregimientos de Guacochito, Guacoche, asentamientos del sector salguero y el corregimiento los calabazos los cuales son las poblaciones que hacen parte del tramo del río para dicho estudio se tuvo en cuenta una serie de actividades alcanzables en un periodo a corto plazo de (4 meses)

### **3.3 Población**

La población del trabajo de investigación corresponde al río Cesar ubicado en el departamento del Cesar.

### **3.4 Muestra**

La muestra a estudiar estuvo conformada por el tramo que comprende desde el corregimiento Guacochito al corregimiento los Calabazos.

### **3.5 Técnica de recolección de información**

Se realizó una observación de campo la cual se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva la investigación. (Gallardo & Moreno, 2015).

Posteriormente se realizaron recolección de información análisis de documentos cuya técnica permite reducir y sistematizar cualquier tipo de información acumulado (documentos escritos, trabajos de investigación,) en datos, respuestas o valores correspondientes a variables que se investigan en función de un problema. (SICOL, 2015). Como también Se realizaron chequeos de campo para verificar las condiciones en que se encuentra el sitio de la investigación.

### **3.6 Procesamiento y análisis de la información**

Para la realización del presente proyecto se efectuó una recopilación de información primaria y haciendo uso de fuentes secundarias, donde se tuvo en cuenta diferentes documentos relacionados con el tema de estudio.

### **3.7 Fases de la investigación**

#### **Fase I: Descriptiva**

En esta primera fase se hace una descripción de las características del área de estudio el cual comprende la cuenca media del río Cesar desde el tramo del corregimiento Guacochito- al corregimiento los calabazos.

#### **Clima.**

El régimen pluviométrico presente en la zona es de tipo bimodal, estableciéndose dos períodos de lluvias en los meses de Abril a Junio y Septiembre a Noviembre, intercaladas con dos períodos de verano o lluvias escasas.

El área del proyecto hace parte de una de las cuatro provincias fisiográficas del departamento, conocida como Valle de Río Cesar, caracterizada por promedios de 900 a 1000 mm anuales. Es importante señalar la gran influencia de los vientos Alisios del NE y su acción secante gran parte del año sobre esta región. (Atlas ambiental del Cesar 1966)

La temperatura promedio mensual es de 28°C con valores máximos de 39°C y mínima de 22°C. El brillo solar es bastante incidente, puesto que la radiación solar encuentra poco obstáculo, presenta valores entre 2000 a 3000 horas de insolación anual. Los meses de mayor insolación son aquellos de Diciembre a Febrero y el mes de Junio, coincidiendo a su vez con las épocas de menor precipitación. El área es señalada como uno de los sitios con mayor índice de aridez, considerándola como deficitaria, en períodos mayores a seis meses al año.



## **Hidrografía y Fisiografía**

La zona de estudio está conformada por una fuente principal que es el río Cesar. El cual nace en la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, hace un recorrido NE-SW a lo largo del departamento del Cesar desembocando en el río Magdalena después de formar la ciénaga de Zapatos, el río Cesar se ha distribuido en tres partes que son la cuenca alta, cuenca media, y cuenca baja, Este trabajo se llevó a cabo en la parte de la cuenca media en la cual se distinguen dos zonas fisiográficas:

**Planicie aluvional y zona de abanicos.** Esta área, también conocida como Llanura aluvional o piedemonte corresponde al valle del Río Cesar y presenta un relieve plano o ligeramente ondulado, donde generalmente se acumulan gran cantidad de sedimentos y suelos.

**Área de laderas y colinas.** Corresponde a las partes bajas de las laderas de los cerros y sectores de colinas estas ubicadas en las partes cercanas a Valledupar y puente Salguero.

**Geología.** La zona de estudio de la cuenca media del río Cesar en el tramo que corresponde desde el corregimiento de Guacochito al corregimiento Los Calabazos presenta diferentes unidades litológicas distribuidas así:

**Aluviones Recientes (Qal).** Esta unidad corresponde a los materiales de arrastre que se encuentran a lo largo de la cuenca media del río Cesar, constituyen la unidad de más baja topografía del área de estudio. Generalmente está conformada por bloques, gravas, arenas y

limos pocos consolidados. En el río Cesar, que presenta un carácter meandriforme, el cauce deposita, gravas y arenas, en los meandros, tanto en los bordes como en la parte media formando pequeñas islas, Estos tipos de materiales corresponden a depósitos acumulados por las corrientes superficiales y están siendo renovados continuamente.

**Terraza Indiferenciada (Qt).** A lo largo del Río Cesar, en la vertiente oriental, desde el corregimiento guacochito al corregimiento los calabazos aflora un nivel de terraza, formando superficies ligeramente inclinadas a planas, con pendientes bajas.

**Llanuras de Inundación (Qli).** Corresponde las zonas que eventualmente son inundadas por las crecidas del Rio Cesar. Se localiza a ambos lados del cauce principal normalmente se manifiesta como parte de meandros antiguos, cauces abandonados y humedales.

Tabla 4. Pendientes cuenca valle del Rio Cesar

<b>Parte de la cuenca</b>	<b>Pendiente en porcentaje %</b>
Cuenca alta	Pendiente mayor igual $\geq$ al 25%
Cuenca media	Entre 5% y 6%
Cuenca baja	< menor al 5%

Fuente: caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del Rio Cesar Universidad del Atlántico. (2011)

El tramo de estudio se encuentra localizado en la cuenca media del rio cesar por lo cual presenta pendientes entre 5% y 6% y se caracteriza como una zona ligeramente ondulada

## Fase II Trabajo de campo.

En esta fase del trabajo se realizó el trabajo de campo correspondiente en la zona de estudio, se establecieron las coordenadas de ubicación de cada punto.

Tabla 5. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo.

PUNTO	COORDENADAS	
1	N:10° 31' 26,56"	W:73° 8' 18,81"
2	N:10° 29' 50,75"	W:73° 9' 19,38"
3	N:10° 23' 1,07"	W:73° 13' 56,19"
4	N:10° 14' 43,95"	W:73° 16' 37,78"

Fuente: Autores

**Punto 1:** Las muestras se tomaron 200 metros aguas arriba del corregimiento de Guacochito.

**Punto 2:** En este punto las muestras se tomaron 100 metros aguas arriba de la cabecera del corregimiento de Guacoche.

**Punto 3:** En este punto las muestras se tomaron en la zona de descargue y mezcla del sistema de tratamiento de aguas residuales el Salguero que vierte al Rio Cesar.

**Punto 4:** en este punto se tomaron las muestras 100 metros aguas arriba del corregimiento los calabazos.



*Figura 2.* Toma de muestra estaciones Guacoche y Guacohito

Fuente: autores.

Mapa Cartográfico

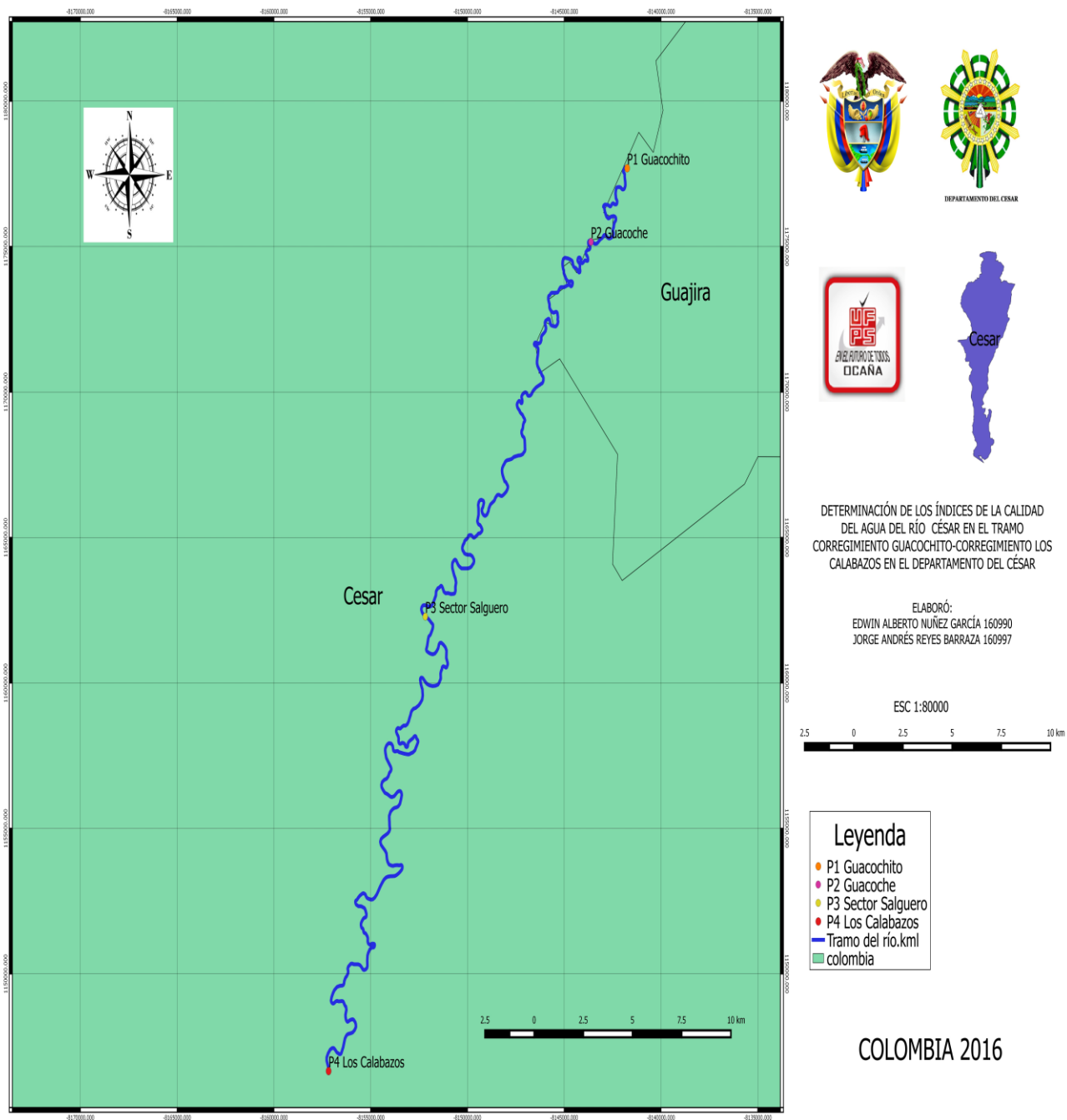


Figura 3. Mapa Cartográfico Área de Estudio.

Fuente: autores

### **Fase III: Etapa de laboratorio**

En esta etapa se procedió a llevar las muestras tomadas en los puntos ubicados en el tramo de estudio en total fueron 8 muestras tomadas las cuales incluyen las muestras para análisis físico-químicos y análisis microbiológicos. Las muestras fueron tomadas de forma manual rotuladas y refrigeradas debidamente para mantenerlas a una temperatura entre 6C° y 8C° para mantengan sus características.

### **Fase IV: Resultados**

Los resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras se muestran en los anexos de este trabajo donde están plasmados los datos arrojados por el laboratorio de los parámetros para cada muestra tomadas en los puntos correspondientes.

### **Fase V: Análisis**

En esta etapa se procedió a analizar los resultados obtenidos en campo y laboratorio, se compararon con la normatividad (Decreto 1594 de 1984) y se aplicaron los índices de calidad del agua WQI-NSF y los índices de contaminación ICOs utilizando el software ICATest V 1.0®

### **Índice WQI-NSF**

El índice de calidad del agua (WQI) fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de los Estados Unidos con el objeto de establecer el comportamiento óptimo de las variables identificadas en los estudios de calidad del agua.

Para aplicar dicho índice es necesario utilizar datos obtenidos a partir del seguimiento de parámetros de importancia como son: Oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno (DBO5), y otros como nitratos (NO3), fosfatos (PO4), turbidez, desviación de la temperatura y sólidos totales.

A cada una de estas variables se le asignaron unos pesos de acuerdo con su importancia (Tabla 6). Según Canter (1998), estos pesos tienen un claro sesgo de salud pública, pues están basados en el uso del agua para consumo humano.

Tabla 6. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

<b>Variable</b>	<b>(Wi)</b>
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Fecales	0,15
Ph	0,12
DBO5	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Desviación de Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Solidos Totales	0,08

Tomado de: Fernández y solano (2005)

Para calcular el índice WQI agregado se suman todas las variables luego de hallar el I y multiplicarlo por su W. La fórmula es la siguiente:

$$WQI = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

## Índices de contaminación ICOs

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 utilización en monitoreos en la Industria Petrolera Colombiana (Ramírez, 1988; Oleoducto Colombia-Ecopetrol-ICP, 1993; Ocensa-Ecotest, 1997; BP Exploration, 1998; En Ramírez, 1999).

### ICOMI (Índice de contaminación por mineralización).

Es el valor promedio de los índices de cada una de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por mineralización y cercanos a uno lo contrario.

La fórmula general para su cálculo es:

$$\text{ICOMI} = 1/3 (\text{I conductividad} + \text{I dureza} + \text{I alcalinidad})$$

I CONDUCTIVIDAD: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log } 10 \text{ I CONDUCTIVIDAD} = -3.26 + 1.34 \log 10. \text{ Conductividad } \mu\text{S/cm}$$

$$\text{I conductividad} = 10 \log. \text{ I. conductividad}$$

Para esta variable hay que tener en cuenta que conductividades mayores a 270  $\mu\text{S/cm}$ , se les asigna el valor de 1.

I DUREZA: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log } 10 \text{ I DUREZA} = -9.09 + 4.40 \log 10. \text{ Dureza (mg/l)}$$



$$I \text{ dureza} = 10 \log. I. \text{ Dureza}$$

Se debe tener en cuenta que:

Durezas mayores a 110 mg/Lt tienen un valor de 1

Durezas menores a 30mg/Lt tienen valor de 0

I ALCALINIDAD: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$I \text{ alcalinidad} = -0.25 + 0.005 \text{ alcalinidad (mg/L)}$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/lit tienen un índice de 1

Alcalinidades menores a 50 mg/lit tienen un índice de 0

### **ICOMO. (Índice de contaminación por Materia Orgánica).**

Es el valor promedio de los índices de cada una de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por materia orgánica y cercana a uno lo contrario.

La fórmula general para su cálculo es la siguiente:

$$\text{ICOMO:} = 1/3 (I \text{ DBO} + I \text{ coliformes totales} + I \text{ oxígeno \%})$$

I DBO: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$I \text{ DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} \cdot \text{DBO mg/L}$$

Dónde:

$$\text{DBO} > 30 \text{ (mg/L)} = 1$$

$$\text{DBO} < 2 \text{ (mg/L)} = 0$$

I COL.TOTALES: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$I \text{ COL.TOTALES} = -1.44 + 0.56 \log_{10} * \text{DBO mg/L}$$

Dónde:

$$\text{Coliformes Totales} > 20.000 \text{ (NMP/100 ml)} = 1$$

$$\text{Coliformes Totales} < 500 \text{ (NMP/100 ml)} = 0$$

I oxígeno%: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$I \text{ oxígeno\%} = 1 - 0.01 \text{oxígeno\%}$$

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

Para sistemas lénticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se sugiere reemplazar la expresión por:  $I * \text{oxígeno\%} = 0.01 \text{Oxígeno\%} - 1$

### **ICOSUS (Índice de contaminación por sólidos suspendidos).**

Sólo utiliza una variable para su cálculo que es el valor de los sólidos suspendidos y su fórmula general es:

$$\text{ICOSUS: } (-0.02 + 0.003 * \text{solidos suspendidos})$$

Sólidos Suspendidos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos < a 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0

## **Capítulo 4. Resultados**

### **4.1 Variables fisicoquímicas y microbiológicas**

A continuación se presentan los resultados de las variables fisicoquímicas y microbiológicas medidas en campo y en el laboratorio y su comparación con la normatividad (Decreto 1594 de 1984) (Tabla 7, 8, 9 y 10).

Tabla 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 1: Guacochito

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN DECRETO 1594/1984							CUMPLIMIENTO	
					Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	Art 42	Art 43	Art 45	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
GUACOCHITO	PH	U de pH	8,7	8,55	5,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	NE	5,0-9,0	5,0-9,0	4,5-9,0	CUMPLE	CUMPLE
	TEMPERATURA	°C	26	28	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	TURBIDEZ	NTU	74,7	0,0	NE	10	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	CUMPLE
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	35	240	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	26	165	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	62,8	621	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	SST	mg/L	520	120	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLOR	UPCo	942	135	75	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	OD	mg/L OD	6,0	7,4	NE	NE	NE	NE	NE	NE	4,0	CUMPLE	CUMPLE
	OD	% Saturación	73%	93%	NE	NE	NE	NE	70%	70%	NE	CUMPLE	CUMPLE
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,8	1,1	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NPM/100 ml	1.100	> 1.100	20.000	1.000	≤ 5.000	NE	1.000	5.000	NE	NO CUMPLE: Art 39 y 42	
	<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	1.100	> 1.100	2.000	NE	≤ 1.000	NE	200	NE	NE	NO CUMPLE: Art 40 y 42	

NOTA: No se observa material flotante, espumas ni películas visibles de grasas y aceites, hay ausencia de sustancias que produzcan olor, cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984.

Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 2: Guacochito

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN ARTICULOS DECRETO 1594/1984							CUMPLIMIENTO	
					Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	Art 42	Art 43	Art 45	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
GUACOCHITO	PH	U de pH	8,6	8,52	5,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	NE	5,0-9,0	5,0-9,0	4,5-9,0	CUMPLE	CUMPLE
	TEMPERATURA	°C	27	28	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	TURBIDEZ	NTU	55,4	0,0	NE	10	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	CUMPLE
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	35	260	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	24	185	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	62,8	586	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	SST	mg/L	480	80	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLOR	UPCo	932	400	75	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN ARTICULOS DECRETO 1594/1984							CUMPLIMIENTO	
					Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	Art 42	Art 43	Art 45	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
	OD	mg/L OD	5,9	7,2	NE	NE	NE	NE	NE	NE	4,0	CUMPLE	CUMPLE
	OD	% Saturación	73%	91%	NE	NE	NE	NE	70%	70%	NE	CUMPLE	CUMPLE
	DBO5	mg/L	1,2	1,4	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NPM/100 ml	1.100	> 1.100	20.000	1.000	≤ 5.000	NE	1.000	5.000	NE	NO CUMPLE: Art 39 y 42	
	<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	1.100	> 1.100	2.000	NE	≤ 1.000	NE	200	NE	NE	NO CUMPLE: Art 40 y 42	

NOTA: No se observa material flotante, espumas ni películas visibles de grasas y aceites, hay ausencia de sustancias que produzcan olor, cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984.

Tabla 9. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 3: Salguero

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN ARTICULOS DECRETO 1594/1984							CUMPLIMIENTO	
					Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	Art 42	Art 43	Art 45	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
SALGUERO	PH	U de pH	7,6	7,9	5,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	NE	5,0-9,0	5,0-9,0	4,5-9,0	CUMPLE	CUMPLE
	TEMPERATURA	°C	30	32	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	TURBIDEZ	NTU	17,4	0,0	NE	10	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	CUMPLE
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO3	60	160	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO3	42	105	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	121	460	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	SST	mg/L	340	160	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLOR	UPCo	339	305	75	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	OD	mg/L OD	4,2	4,2	NE	NE	NE	NE	NE	NE	4,0	CUMPLE	CUMPLE
	OD	% Saturación	55%	56%	NE	NE	NE	NE	70%	70%	NE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	DBO5	mg/L	3,5	4,2	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NPM/100 ml	3.600	> 1.100	20.000	1.000	≤ 5.000	NE	1.000	5.000	NE	CUMPLE: Art 38	NO CUMPLE Art: 39 y 42
	<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	3.600	> 1.100	2.000	NE	≤ 1.000	NE	200	NE	NE	NO CUMPLE Art 38, 40 y 42	NO CUMPLE Art 40 y 42

NOTA: Se observa material flotante, espumas y películas visibles de grasas y aceites, hay presencia de sustancias que producen olor, no cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984.

Tabla 10. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 4: Calabazos

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN ARTICULOS DECRETO 1594/1984						CUMPLIMIENTO		
					Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	Art 42	Art 43	Art 45	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
CALABAZOS	PH	U de pH	7,1	8.31	5,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	NE	5,0-9,0	5,0-9,0	4,5-9,0	CUMPLE	CUMPLE
	TEMPERATURA	°C	30	31	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	TURBIDEZ	NTU	10,5	0,0	NE	10	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	CUMPLE
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO3	85	170	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO3	67	145	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	171	404	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	SST	mg/L	290	60	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLOR	UPCo	66	210	75	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	OD	mg/L OD	6,5	7,3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	4,0	CUMPLE	CUMPLE
	OD	% Saturación	85%	97%	NE	NE	NE	NE	70%	70%	NE	CUMPLE	CUMPLE
	DBO5	mg/L	1,5	4,0	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NPM/100 ml	> 1.100	> 1.100	20.000	1.000	≤ 5.000	NE	1.000	5.000	NE	NO CUMPLE: Art 39 y 42	
	<i>E. Coli</i>	NMP/100 ml	>1.100	> 1.100	2.000	NE	≤ 1.000	NE	200	NE	NE	NO CUMPLE: Art 40 y 42	

NOTA: No se observa material flotante, espumas ni películas visibles de grasas y aceites, hay ausencia de sustancias que produzcan olor, cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984.

En la tabla 7 y 8 con respecto a las estaciones 1 y 2 corregimiento guacochito y guacoche se observa que algunos parámetros no cumplen con los rangos establecidos por el decreto 1594/1984, en el caso de la turbiedad en periodo lluvioso se presentan un alto valor de 74,7 NTU y 55,4 respectivamente, cuando la norma exige 10 NTU máximo. Artículo 39. Esto se debe a que en este periodo por la precipitaciones que se dan en la zona generan arrastre por las escorrentías gran cantidad de material sólido y húmico y hacen que se encuentren disueltas en el agua por la cual genera un cambios en las características de la misma, y que además otro factor que incide en los altos niveles de turbiedad en periodo lluvioso es la extracción de material de arrastre lo cual también genera grandes cantidades de material solido que se disuelven en el agua.

En cuanto al color por las mismas condiciones anteriormente mencionadas principalmente la extracción de material de arrastre que se da en ambos periodos estas también inciden en el cambio de color en el agua esto debido al los altos niveles de turbiedad, dichos valores no cumplen en ambos periodos con el rango establecido en el decreto 1594/1984 que es de 75 UPCo.

Se observa también que los coliformes totales y fecales presentan altos valores en ambos periodos para ambos puntos esto se debe al vertimiento de desechos agrícolas que se generan en el afluente dichos vertimientos son de manera casi constante, dichos valores no cumplen para algunos usos del agua como son consumo humano, doméstico, y uso recreativos los cuales se establecen en los artículos 39 y 42.

En la tabla 9 con respecto a la estación salguero observa que algunos parámetros no cumplen con los rangos establecidos por el decreto 1594/1984, en el caso de la turbiedad en periodo lluvioso se presentan un valor de 17,4 NTU respectivamente, cuando la norma exige 10 NTU .articulo 39 Esto está relacionado a que en este periodo por las precipitaciones que se dan en la zona generan arrastre por las escorrentías gran cantidad de material sólido y húmico y hacen que se encuentren disueltas en el agua. , otro factor que incide en los altos niveles de turbiedad en periodo lluvioso para este punto es la extracción de material de arrastre lo cual también genera grandes cantidades de material solido que se disuelven en el agua.

En cuanto al color se observa valores excedidos en cuanto a lo que exige la norma se presentan valores entre 339 y 305 UPCo respectivamente para ambos periodos y esto se debe a que en este punto se encuentra el vertimiento de aguas residuales del sistema de tratamiento el salguero lo cual genera la presencia de altas cantidades de materia orgánica las cuales generan dichos cambios del color en el agua, generalmente la norma establece 75 UPCo artículo 38.

En cuanto para valores de coliformes totales y fecales en la tabla 9 para la estación salguero estos sobrepasan los rangos que establece la norma artículos 39, 40,42 dichos artículos establecen los criterios de uso del recurso los cuales son para uso doméstico y consumo humano, uso agrícola, y uso recreativo, mostrando así que el agua en este punto presenta contaminación media en cuanto a coliformes totales y fecales mostrando así un agua no optima en su totalidad para dichos usos, igualmente muestra un agua pobre en cantidades y saturación de oxigeno esto debido también a la presencia de materia orgánica por el vertimiento agua residuales lo cual



refleja que se requiere mayor consumo de OD Y DBO5 para la degradación y oxidación de dicha materia orgánica presente en el agua.

En la tabla 10 con respecto a la estación 4 corregimiento los calabazos presenta variación en cuanto al color en periodo seco esto debido que en este punto recibe las aguas provenientes del sector salguero dicho valor esta en 210 UPCo muy por encima de lo que exige la norma en el artículo 38.

En cuanto a los valores de coliformes totales y fecales presenta también valores por encima de los establecidos por la norma para los diferentes usos que se les da al recurso estipulados en los artículos 39,40,42 haciendo así un agua no muy óptima para dichos usos.

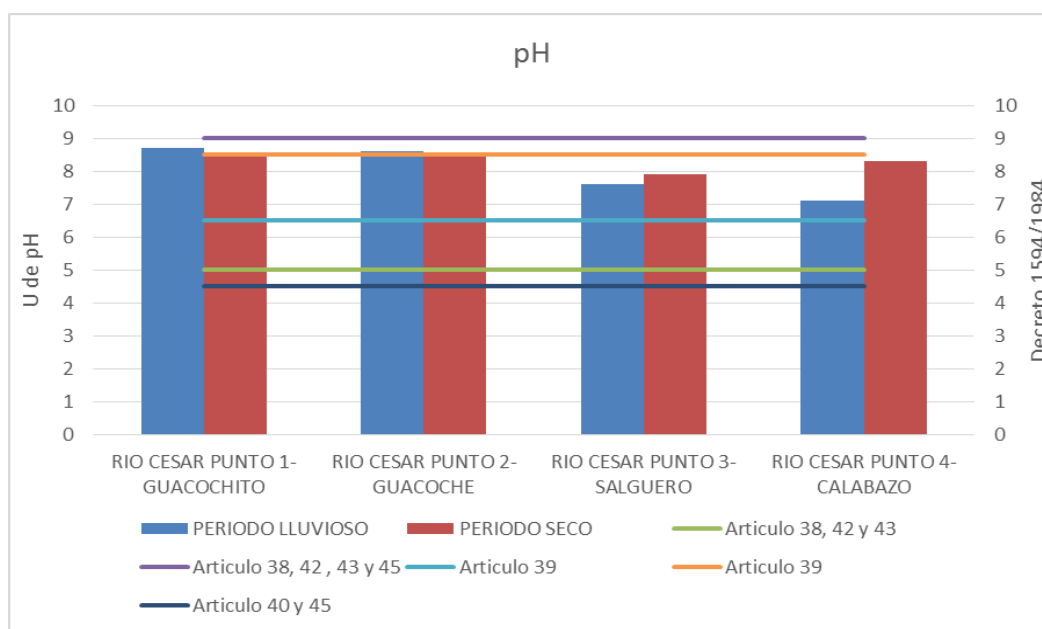
#### **4.1.1 PH**

El potencial de hidrogeno PH es la abreviatura para indicar el potencial de concentración de iones hidrogeno presentes en el agua. Determina la acidez o basicidad, parámetro importante dado que está íntimamente ligado a la productividad y la vida en el agua, razón por la cual, el desarrollo de gran parte de la vida biológica sólo es posible dentro de un estrecho rango de variación de este parámetro.

Dentro de los puntos de muestreo monitoreados se hallaron valores que tienden a la alcalinidad, el pH mostro rangos entre 7,1 y 8,7 unidades en periodo lluvioso y entre 7,9 y 8,55 unidades en periodo seco, siendo los puntos de Guacochito y Guacocha los que reportaron valores de pH más altos y alcalinos sobrepasando las 8 unidades de pH. Todas las estaciones se

encontraron dentro de los rangos permisibles para los diferentes usos, según el Decreto 1594/84

(Grafica 1).



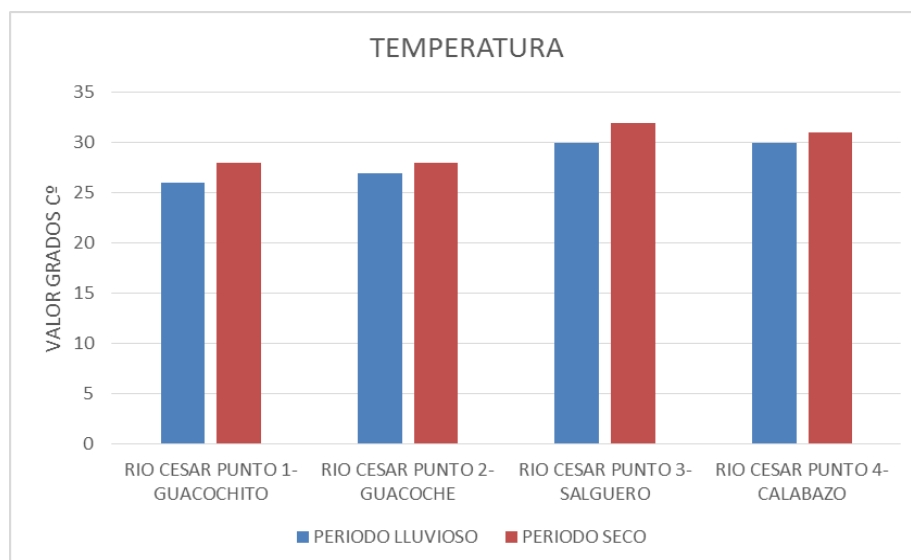
Grafica 1: Valores de pH registrados en los puntos de muestreo.

Fuente: autores

#### 4.1.2 Temperatura

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y su valor depende de la profundidad y hora de toma. Esta variable juega un papel fundamental en todos los procesos biológicos, así como en el comportamiento de otras variables fisicoquímicas como pH, O.D, conductividad, entre otras. Las temperaturas registradas en los puntos monitoreados se encontraron en una escala entre 26 a 30 °C para periodo lluvioso y entre 28 y 32 °C para periodo seco, se observa un rango mayor de temperatura para el periodo seco debido a la más alta temperatura ambiental registrada para este periodo climático, siendo un

rango normal de temperatura que permite el desarrollo adecuado de las comunidades hidrobiológicas que habitan este sistema hídrico (*Grafica 2*).



*Grafica 2.* Valores de Temperatura registrados en los puntos de muestreo

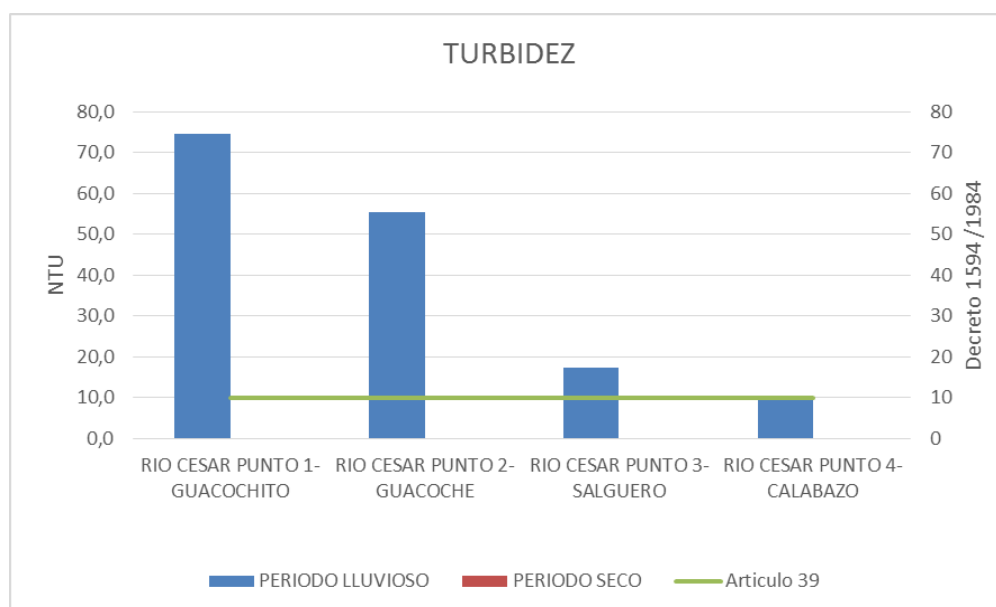
Fuente: autores

### 4.1.3 Turbidez

La turbidez es un término que se usa para describir el grado de opacidad del agua. En un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y otros microorganismos. Por esta razón se dice que este parámetro está relacionado con la cantidad de sólidos suspendidos. La concentración de sustancias determina la transparencia del agua, puesto que limita la transmisión de luz en ella. Es entonces una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la

propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión.

Para la turbidez se reportan valores que van desde 10,5 a 74,7 NTU para el periodo lluvioso, para el periodo seco la turbidez reporto valores de 0,0 NTU en todos los puntos monitoreados, se observa una diferencia significativa de este parámetro para ambos periodos climáticos, la alta turbiedad en periodo lluvioso se debe probablemente al aporte de sólidos por efectos de la escorrentía y erosión de la ribera del río por acción de las lluvias, y extracción de material de arrastre en la zona. De acuerdo a estos resultados las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones superiores en periodo lluvioso a las estipuladas en el artículo 39 del Decreto 1594 de 1984, estas estaciones requieren de un tratamiento más activo que una desinfección antes de destinar el recurso con fines de consumo humano y/o uso doméstico (Grafica 3).

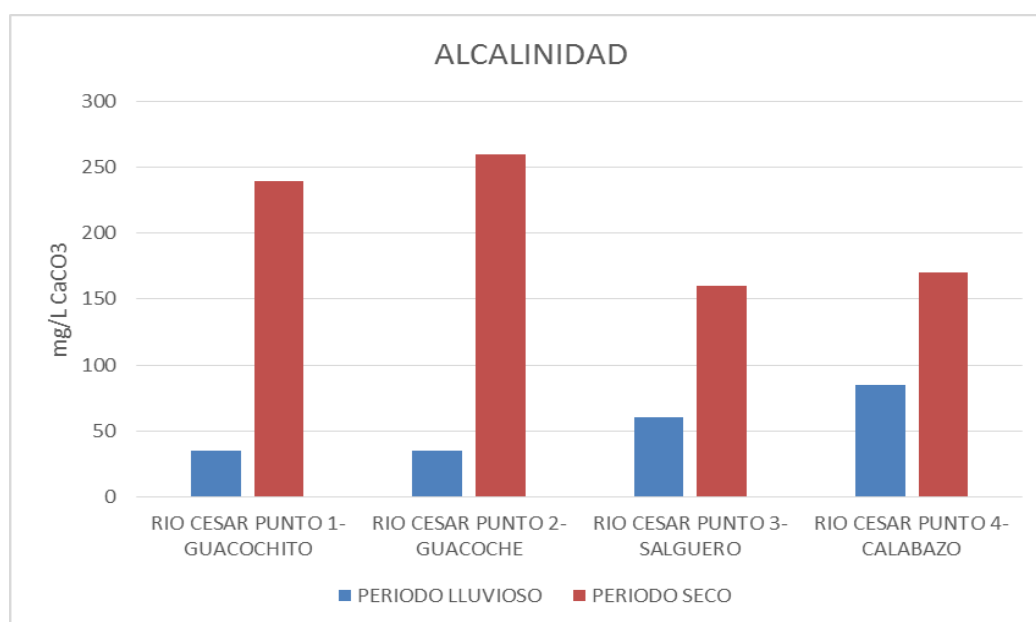


Grafica 3. Valores de turbidez registrados en los puntos de muestreo.

Fuente: autores

#### 4.1.4 Alcalinidad

En general, los valores de alcalinidad en aguas tropicales son bajos (menores a 100 mg/L). En los ríos y lagos de las partes intermedias y altas del sistema montañoso andino se registran valores que varían entre los 10 y 60 mg/L. Las estaciones de muestreo presentaron valores de alcalinidad bajos <100 mg/L en periodo lluvioso con rango entre 35 a 85 mg/L, mientras que en periodo seco se presentaron valores de alcalinidad altos >100 mg/L con rango entre 160 a 260 mg/L, siendo las estaciones Guacochito y Guacoche las que reportaron la mayor alcalinidad con valores que sobrepasan los 200 mg/L siendo las aguas más alcalinas, se observa una diferencia significativa en cuanto a las concentraciones de alcalinidad en ambos periodos climáticos esto se debe a que en periodo seco esta variable tiende a estar más concentrada por el bajo volumen de agua y el bajo efecto de dilución (*Grafica 4*).



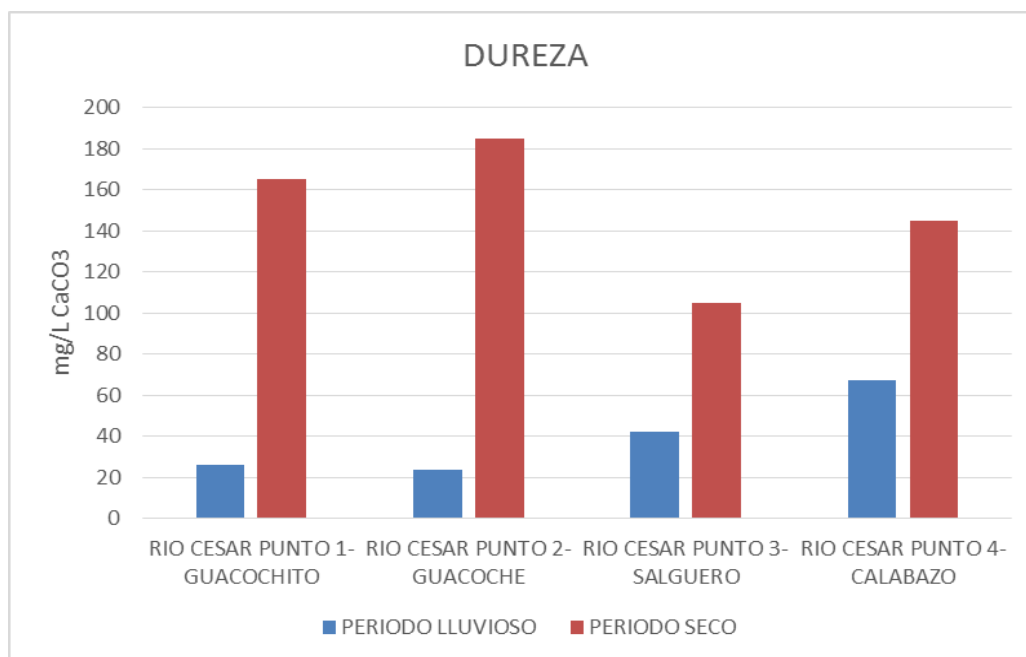
*Grafica 4.* Valores de alcalinidad registrados en los puntos de muestreo.

Fuente: autores

### 4.1.5 Dureza

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario, y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua.

La dureza tuvo un comportamiento similar a la alcalinidad siendo en periodo seco donde se presentaron los valores más altos en un rango de 105 a 185 mg/L, siendo las estaciones Guacochito y Guacoche las que reportaron la mayor dureza, para el periodo lluvioso la dureza reportó valores más bajos en un rango de 24 a 67 mg/L, estas diferencias se deben a que en periodo seco esta variable tiende a estar más concentrada por el bajo volumen de agua y el bajo efecto de dilución (*Grafica 5*).

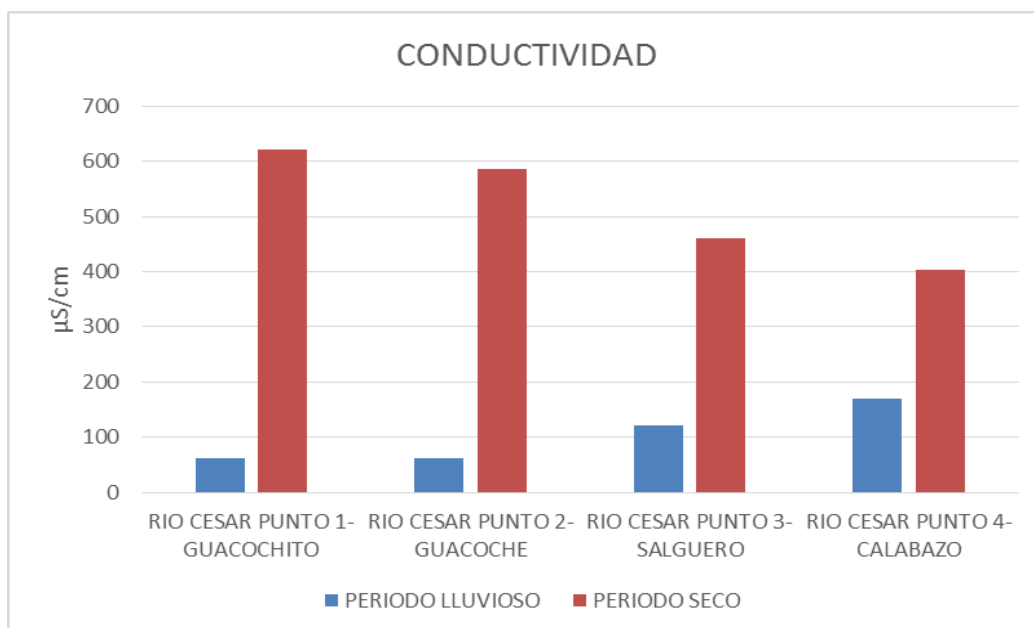


*Grafica 5.* Valores de dureza registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autores

#### 4.1.6 Conductividad

La conductividad es una medida indirecta de la productividad ya que relaciona todos los iones presentes en el agua, por lo tanto está íntimamente relacionada con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. La conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura y se expresa como ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Las estaciones monitoreadas revelaron valores de conductividad que oscilaron entre 62,8 y 171  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para periodo lluvioso y de 404 a 621  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para periodo seco, donde las estaciones Guacochito y Guacoche reportaron la mayor conductividad en periodo seco y la menor en periodo lluvioso, estas diferencias se deben a que en periodo seco esta variable tiende a estar más concentrada por el bajo volumen de agua y el bajo efecto de dilución (*Grafica 6*).

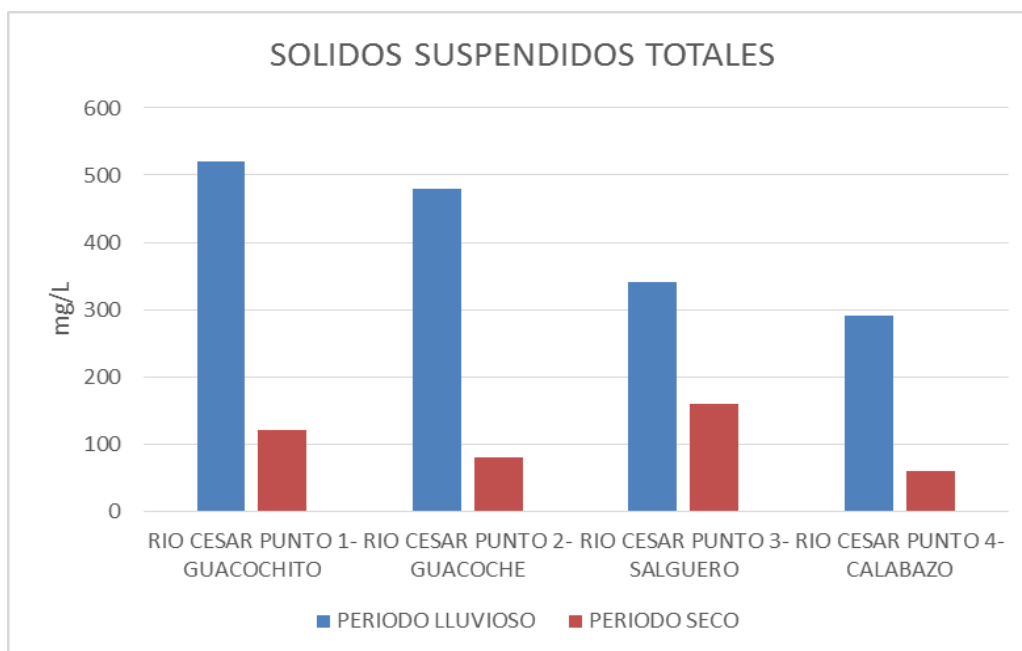


*Grafica 6.* Valores de conductividad registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autores

#### 4.1.7 Sólidos Suspendedos Totales

Los sólidos suspendidos son todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a los  $0,2 \mu m$  y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidas en ella, los valores encontrados se encuentran en un rango entre 290 y 520 mg/L en periodo lluvioso, donde el valor más elevado correspondió a las estaciones Guacochito y Guacoche, mientras que en periodo seco tendieron a disminuir estando en un rango entre 60 y 160 mg/L; se observa una diferencia de la concentración de sólidos suspendidos totales en ambos periodos climáticos, al contrario de las demás variables los sólidos suspendidos tuvieron una tendencia a aumentar en periodo lluvioso esto se debe al aporte de sólidos por efectos de la escorrentía y erosión de la ribera del río por acción de las lluvias, igualmente por la extracción de material de arrastre el cual también aporta altos contenidos de sólidos. (Grafica 7).



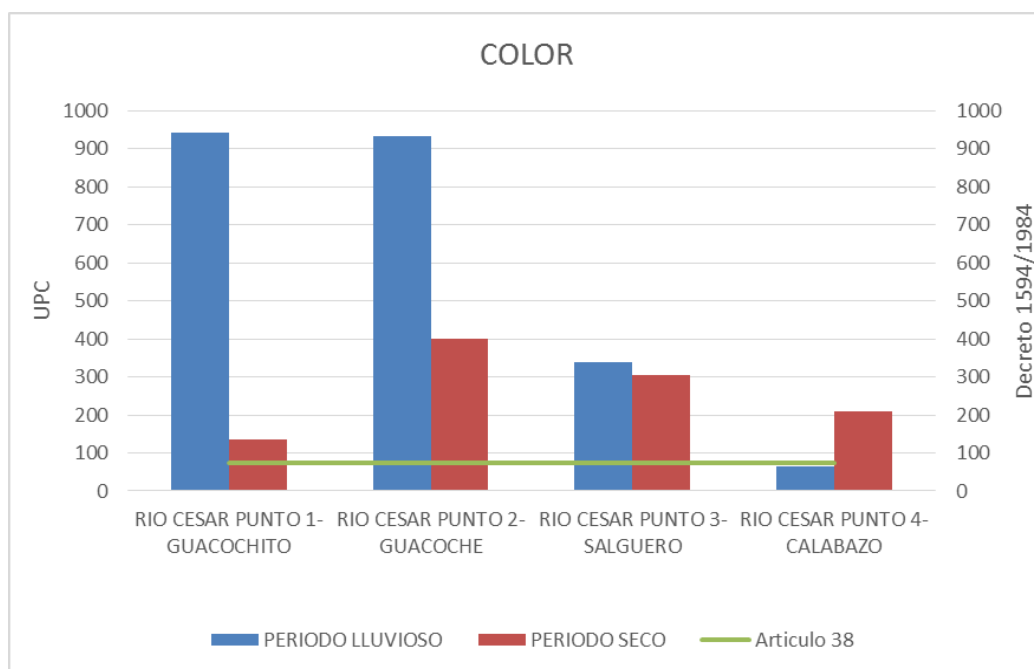
Grafica 7. Valores de sólidos suspendidos totales registrados en los puntos de muestreo.

Fuente: autores



### 4.1.8 Color

El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. Los valores de color tuvieron una tendencia a aumentar en periodo lluvioso estando en un rango entre 66 a 942 UPC, siendo las estaciones Guacochito y Guacoche las que reportaron mayor concentración de esta variable con valores que sobrepasaron los 900 UPC; mientras tanto en el periodo seco las concentraciones de color oscilaron entre 135 a 400 UPC, siendo el punto de Guacoche quien reporto la mayor concentración con 400 UPC, esto debido a las actividades de extracción de material de arrastre que allí se dan cabe destacar que de acuerdo a estos resultados las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones superiores a las estipuladas en el artículo 38 del Decreto 1594/1984 a excepción de la estación de Los Calabazos en periodo lluvioso (*Grafica 8*).



*Grafica 8.* Valores de color registrados en los puntos de muestreo

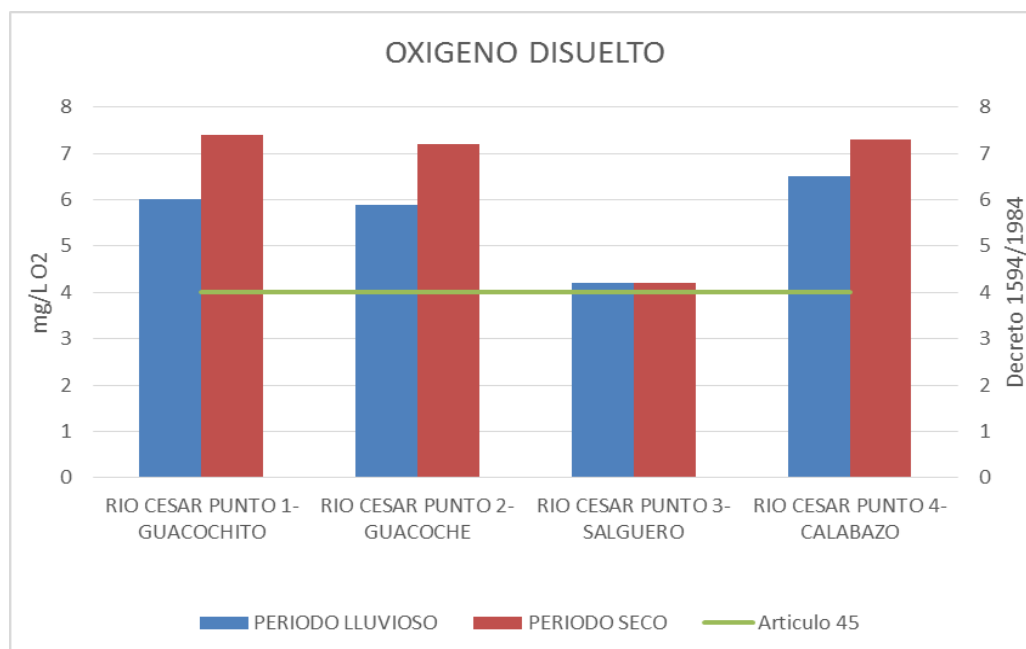
Fuente: autores

### 4.1.9 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (O.D) en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática.

Los valores de (O.D) disuelto en los cuerpos de agua fluctuaron entre 4,2 y 6,5 mg/L para periodo lluvioso, la estación de los Calabazos reporto el valor más alto, en periodo seco hubo tendencia a aumentar con valores que oscilaron entre 4,2 a 7,4 mg/L siendo la estación de El Salguero la que reporto la menor concentración para ambos periodos climáticos. Este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en el artículo 45 del Decreto 1594 de 1984

(Grafica 9).



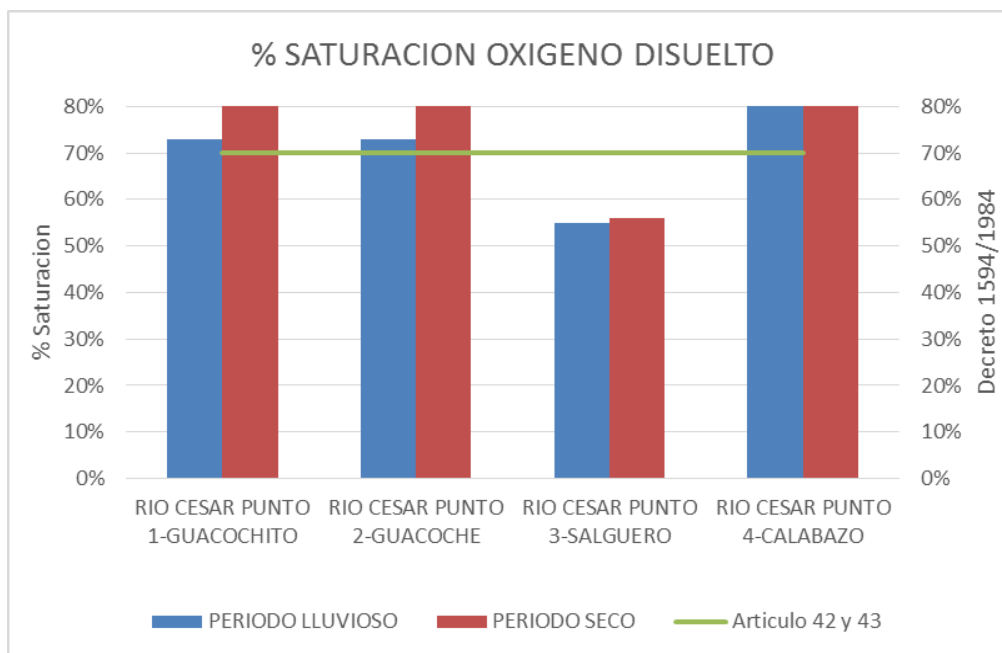
Grafica 9. Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autores

#### **4.1.10 Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto**

El porcentaje de saturación de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno del agua en relación a la cantidad máxima de oxígeno que puede tener a la misma temperatura y presión. En condiciones normales, la cantidad de oxígeno soluble en el agua es fija y se le denomina saturación, aunque existen factores que hacen que la cantidad de oxígeno disuelto varíe.

Los porcentajes de saturación de oxígeno disuelto fueron más alto en periodo seco teniendo un comportamiento similar a las concentraciones de oxígeno disuelto, los porcentajes oscilaron entre 56 y 97%; en cuanto al periodo lluvioso los porcentajes de saturación de oxígeno oscilaron entre 55 y 85% siendo la estación Los Calabazos la de mayor porcentaje y Salguero la de menor porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, las estaciones de Guacoche, Guacocho y los Calabazos se encuentran en un nivel adecuado de saturación de oxígeno, mientras que Salguero se encuentra en un nivel pobre de saturación de oxígeno, esto se debe a que el Rio Cesar en este punto se ve afectado por el vertimiento de aguas residuales del STAR El Salguero de la ciudad de Valledupar trayendo consigo un mayor consumo de oxígeno para la oxidación de la materia orgánica; este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en el artículo 42 y 43 del Decreto 1594 de 1984 excepto la estación Salguero la cual no cumple con la normatividad (*Grafica 10*).



*Grafica 10.* Valores de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo

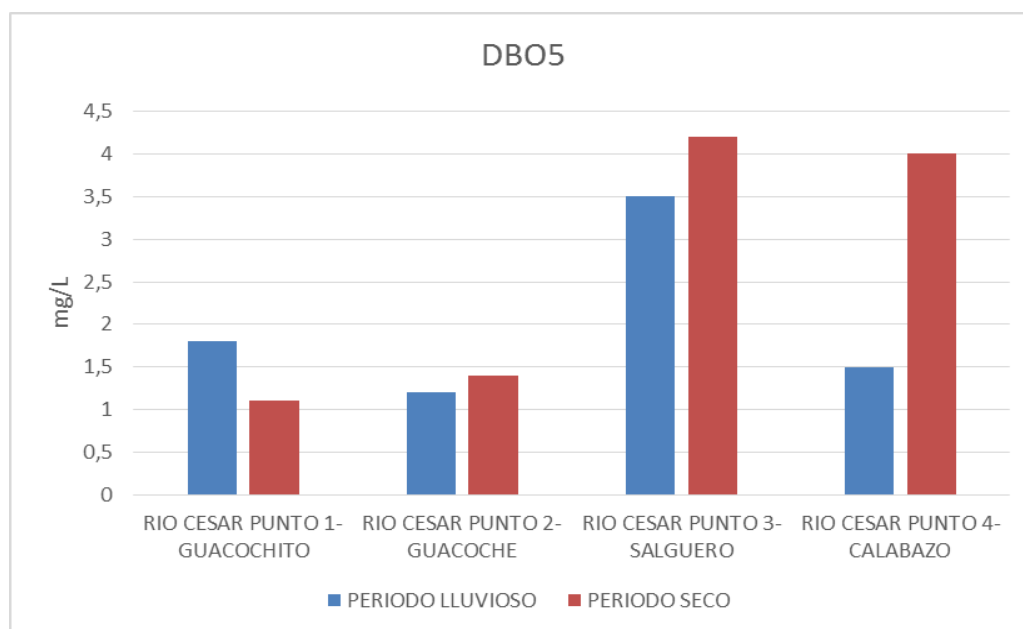
Fuente: autores

#### 4.1.11 DBO<sub>5</sub>

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. La materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado descontaminación.

Los valores de DBO<sub>5</sub> presentaron concentraciones variables para ambos periodos climáticos, no hubo una tendencia marcada de diferenciación en los valores de DBO<sub>5</sub> para los diferentes periodos climáticos, para el periodo lluvioso los valores oscilaron entre 1,2 y 3,5 mg/L y para el periodo seco entre 1,1 y 4,2 mg/L siendo la estación El Salguero la que reporto las

mayores concentraciones de  $DBO_5$ , esto se debe al aporte de materia orgánica proveniente del vertimiento de aguas residuales del STAR El Salguero de la ciudad de Valledupar (*Grafica 11*).



*Grafica 11.* Valores de  $DBO_5$  registrados en los puntos de muestreo

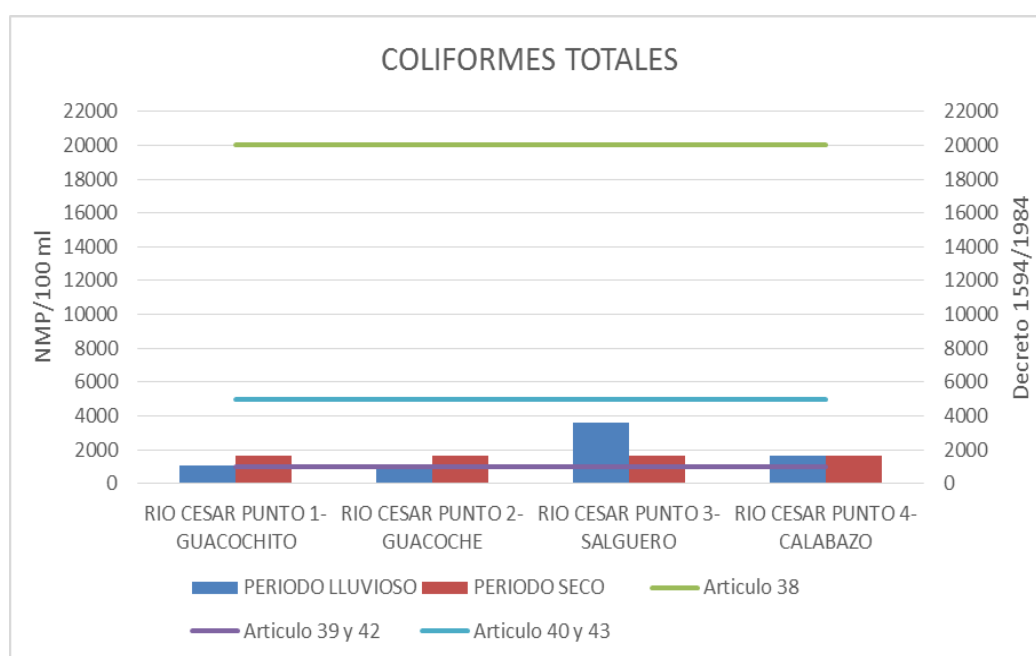
Fuente: autores.

#### 4.1.12 Coliformes Totales y Fecales

Los coliformes son un grupo de bacterias que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en indicadores en los cuerpos de agua. Estas bacterias viven comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana.

Los valores de coliformes totales oscilaron en un rango de 1100 a 3600 NMP/100ml para el periodo lluvioso, siendo más alta la concentración en la estación Salguero, para el periodo seco los coliformes totales fecales presentaron concentraciones de  $> 1.100$  NMP/100 ml en todas las estaciones monitoreadas, para el periodo seco hubo una tendencia a aumentar las concentraciones de coliformes totales a excepción de la estación Salguero que fue mayor en periodo lluvioso.

Los valores de coliformes totales no cumplen con los artículos 39 y 42 del Decreto 1594 de 1984 en las estaciones de muestreo para ambos periodos climáticos (*Grafica 12*).



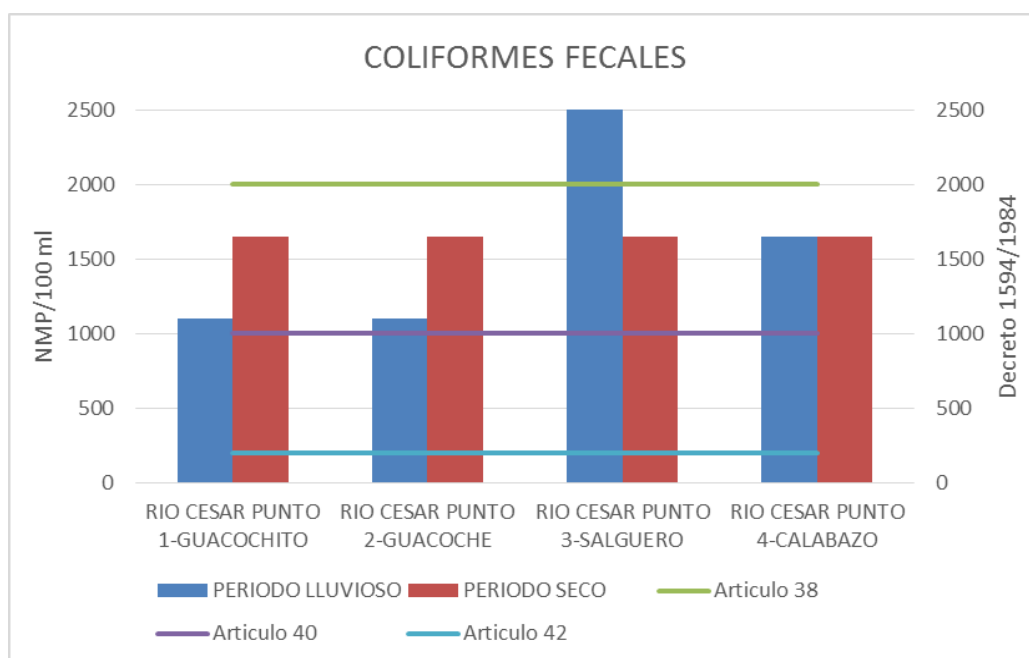
*Grafica 12.* Valores de coliformes totales registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autores

Los valores de coliformes fecales presentaron concentraciones  $>1.100$  NMP/100ml para el periodo seco, para el periodo lluvioso los coliformes fecales presentaron concentraciones que

oscilaron entre 1.100 a 3600 NMP/100 ml, para el periodo seco hubo una tendencia a aumentar las concentraciones de coliformes totales a excepción de la estación Salguero que fue mayor en periodo lluvioso.

Los valores de coliformes fecales no cumplen con los artículos 40 y 42 del Decreto 1594 de 1984 en las estaciones de muestreo para ambos periodos climáticos (*Grafica 13*).



Grafica 13. Valores de coliformes fecales registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autores

#### 4.2 Índice de calidad del agua (WQI-NSF)

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes hídricas muestreadas, en el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (Canter, 1998),

en el cual se relaciona la mayor cantidad de parámetros (como oxígeno disuelto, coliformes, pH, DBO<sub>5</sub>, nitratos, temperatura y sólidos totales, etc.), asignándole a cada uno un porcentaje de acuerdo al grado de importancia, de tal manera que el oxígeno disuelto, los coliformes y el pH son los parámetros que más se tienen en cuenta con el fin de determinar el estado de una corriente de agua. Este índice es de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo.

En la Tabla 11 se presenta la asignación de los valores de WQI-NSF para los puntos monitoreados.

Tabla 11. Índice de calidad del agua WQI-NSF y parámetros de calidad en los puntos monitoreados.

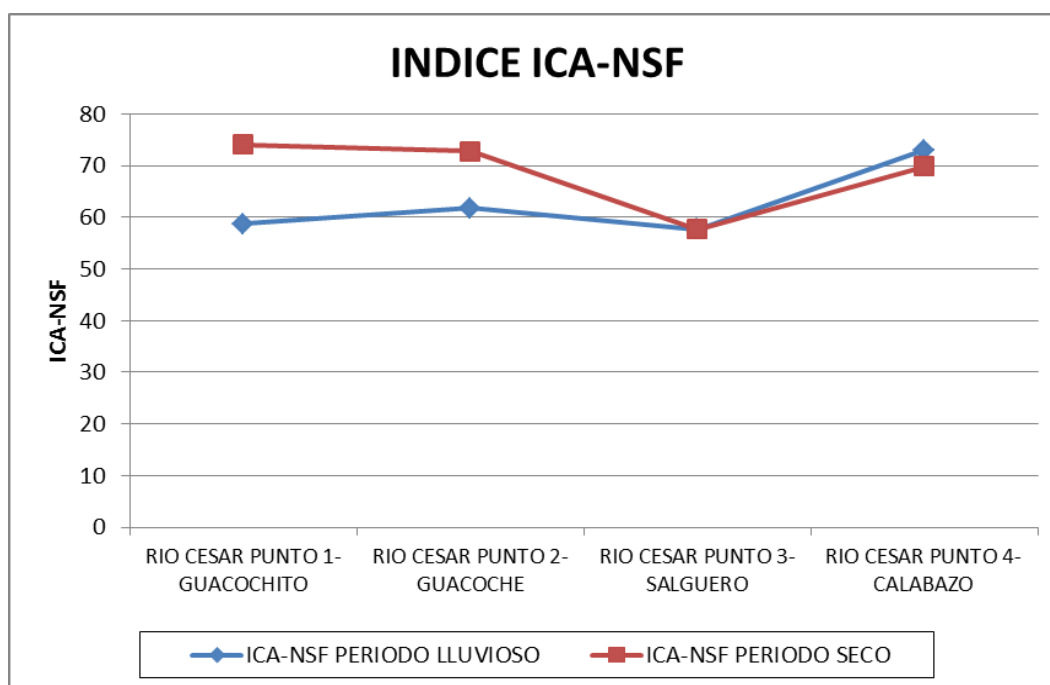
PUNTO DE MUESTREO	ICA-NSF		CALIDAD
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO	58,74	74,06	Excelente: 91 – 100
RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO	61,79	72,81	Buena: 71 – 90
RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO	57,71	57,66	Media: 51 – 70
RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZO	73,05	69,87	Mala: 26 – 50
			Muy Mala: 0 - 25

Fuente: Autores

La aplicación del índice de calidad del agua WQI-NSF demuestra que la calidad del agua presenta una variación en los diferentes puntos monitoreados y en cada periodo climático, los puntos de muestreo Guacochito, Guacoche y Salguero se encuentra en un rango entre 51-70 clasificándola como de mediana calidad o medianamente contaminadas, mientras que la estación



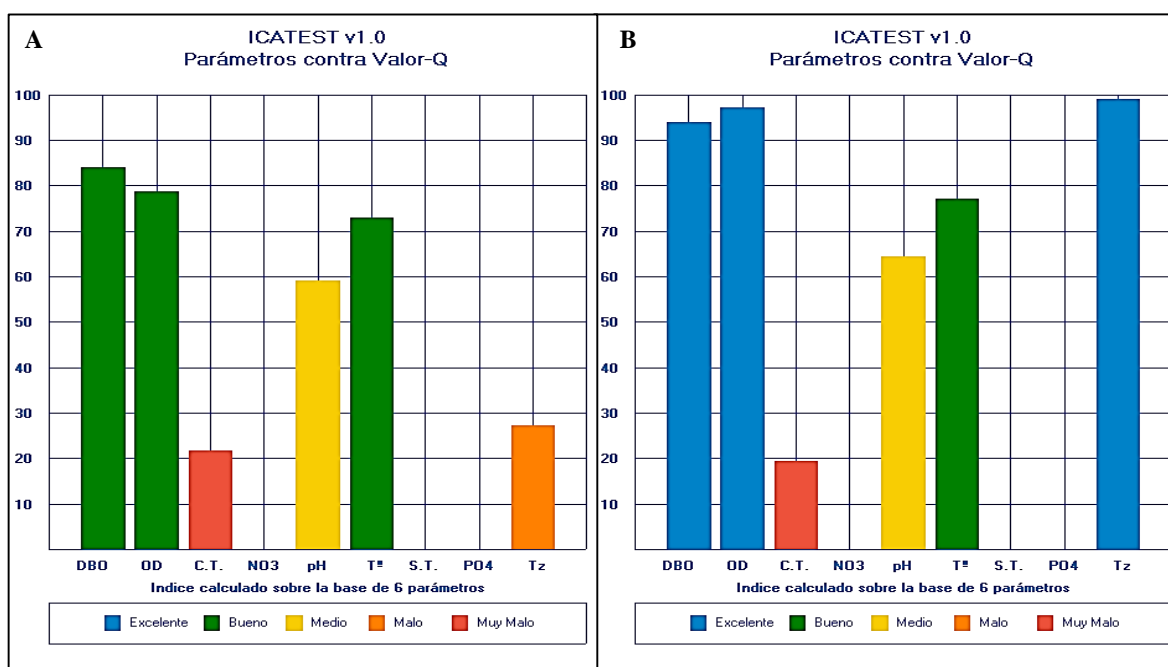
Calabazo se encuentra en un rango entre 71 – 90 clasificándola como de buena calidad o ligeramente contaminada para el periodo lluvioso (*Grafica 14*); en cuanto al periodo seco la calidad del agua tiende a mejorar para las estaciones de Guacoche y Guacochito estando en un rango entre 71 - 90 clasificándolas como de buena calidad o ligeramente contaminadas, la estación Salguero mantiene una mediana calidad del agua debido que en este punto se encuentra el vertimiento de aguas residuales y la estación Calabazo tiende a disminuir su calidad del agua estando en un rango entre 51-70 clasificándola como de mediana calidad o medianamente contaminada, esto se debe probablemente a que antes de este punto de muestreo es recibido las aguas provenientes del sector Salguero, y que en periodo seco el efecto de dilución del Rio Cesar es menor generado cambios en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua por tanto afecta la calidad del agua en este punto.



*Grafica 14.* Comportamiento del índice WQI-NSF en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autores

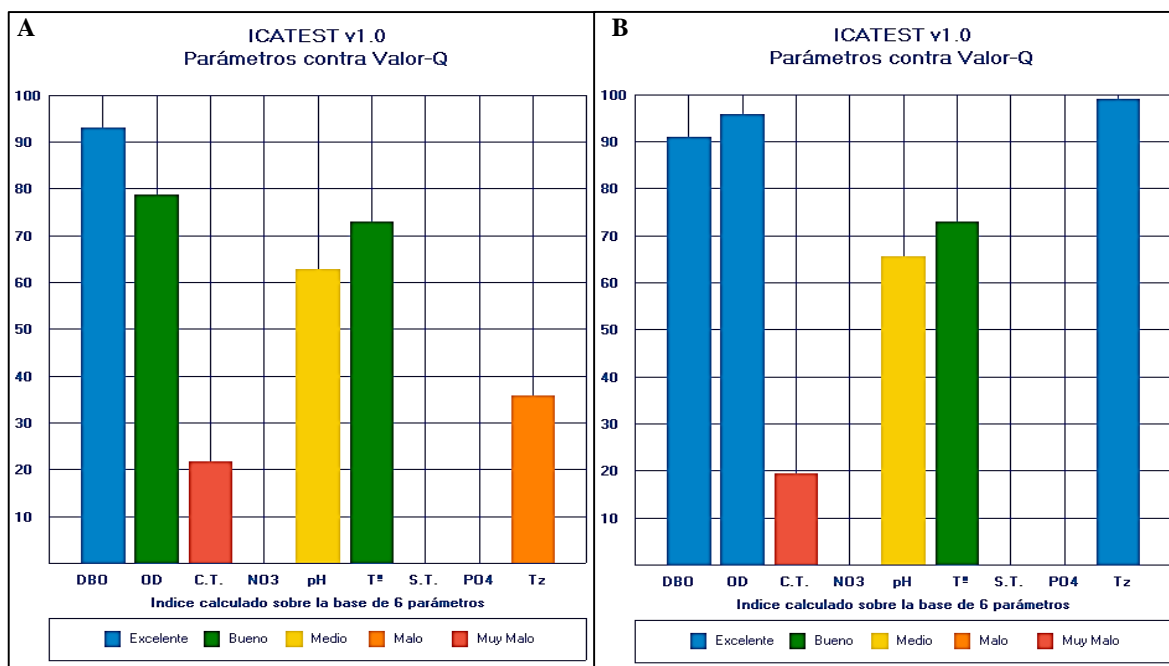
Para la estación de muestreo de Guacochito las variables que afectaron la calidad del agua fueron la turbidez y los coliformes totales para el periodo lluvioso, estos debido por el aporte de grandes cantidades de solidos, en cuanto al periodo seco fueron los coliformes totales los que afectaron la calidad del agua, en la *Grafica 15* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados para el cálculo del WQI-NSF en ambos periodos climáticos.



*Grafica 15.* Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Guacochito.

Fuente: autores

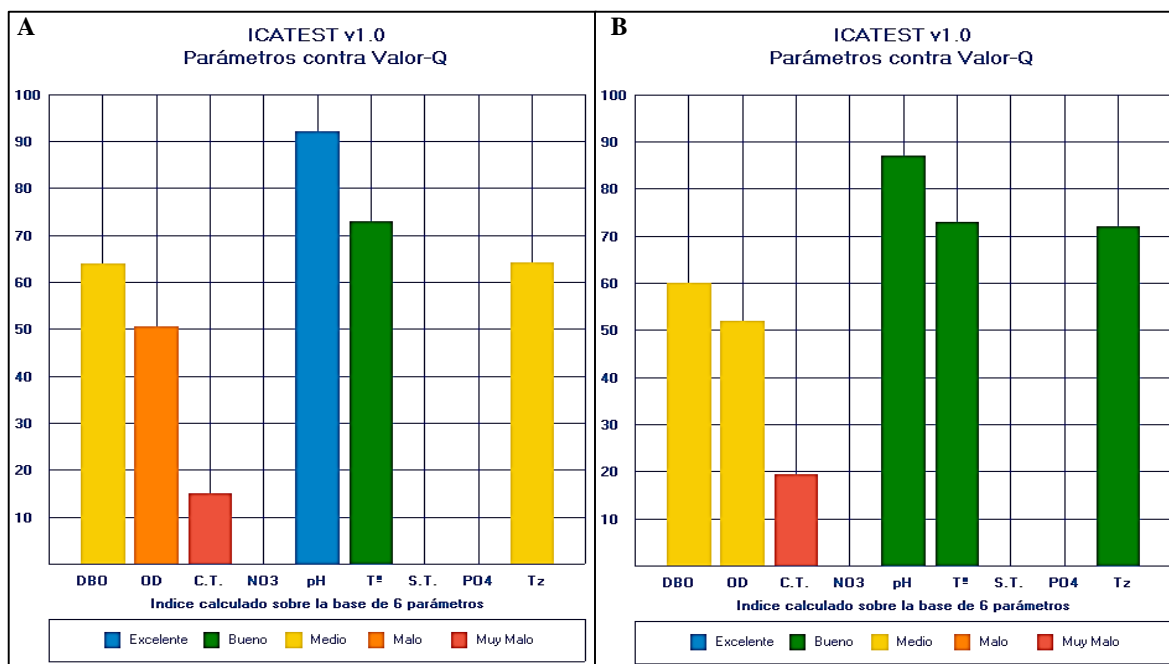
Para la estación de muestreo de Guacoche las variables que afectaron la calidad del agua fueron la turbidez y los coliformes totales para el periodo lluvioso, en cuanto al periodo seco fueron los coliformes totales los que afectaron la calidad del agua, en la *Grafica 16* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados para el cálculo del WQI-NSF en ambos periodos climáticos.



*Gráfica 16.* Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Guacoche.

Fuente autores.

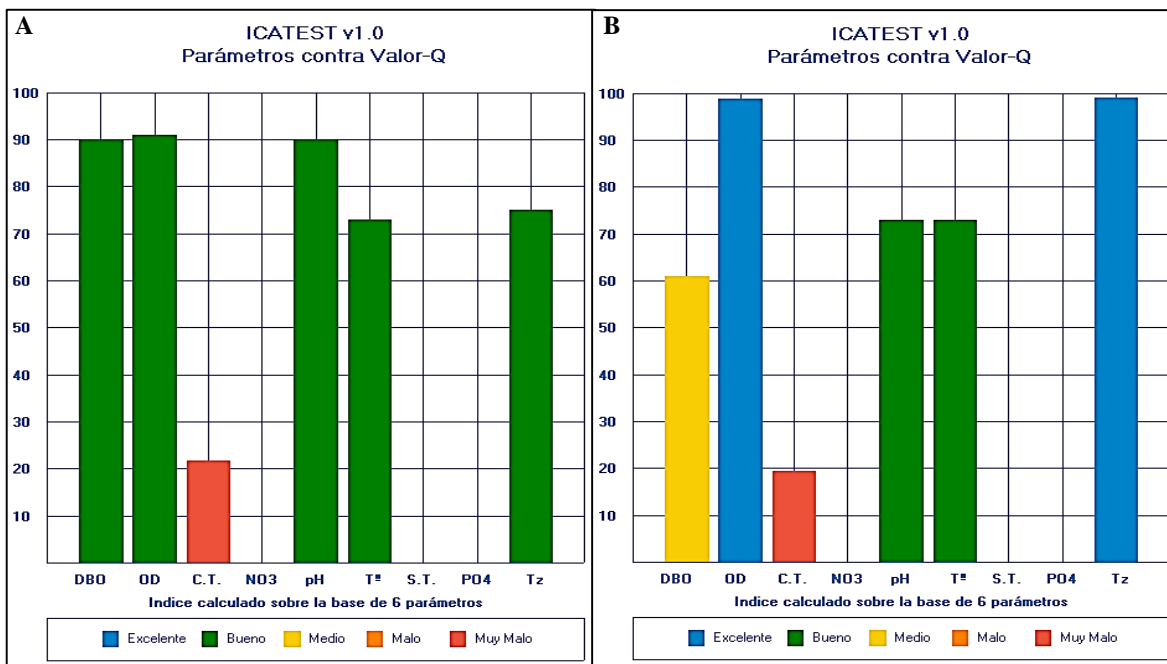
Para la estación de muestreo de Salguero las variables que afectaron la calidad del agua fueron el oxígeno disuelto y los coliformes totales para el periodo lluvioso, en cuanto al periodo seco fueron los coliformes totales los que afectaron la calidad del agua, en la *Gráfica 17* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados para el cálculo del WQI-NSF en ambos periodos climáticos.



*Gráfica 17.* Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Salguero.

Fuente: autores

Para la estación de muestreo de Calabazos las variables que afectaron la calidad del agua fueron los coliformes totales para el periodo lluvioso y periodo seco, en la *Gráfica 18* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados para el cálculo del WQI-NSF en ambos periodos climáticos.



Gráfica 18. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en la estación de muestreo de Calabazos.

Fuente: autores

#### 4.2.1 índices de contaminación (ICOs)

Se llevó a cabo la aplicación de los índices de contaminación (ICOs): ICOMI, ICOSUS e ICOMO en las estaciones de muestreo como una herramienta para complementar la calidad del agua.

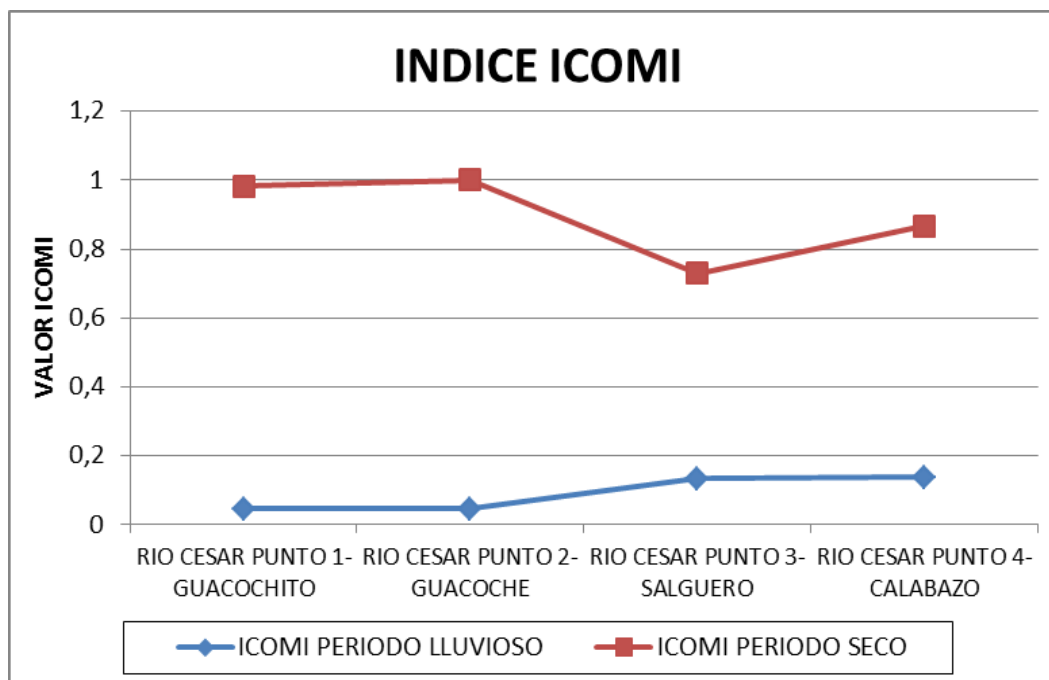
#### 4.2.1.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

Tabla 12. Valor ICOMI en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos.

PUNTO DE MUESTREO	ICOMI		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO	0,047	0,983	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO	0,047	1	Contaminación alta 0.6 – 0.8
RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO	0,134	0,729	Contaminación media 0.4 – 0.6
RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZO	0,138	0,867	Contaminación baja 0.2 – 0.4
			Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autores

El ICOMI para el periodo lluvioso demostró que las aguas de todas las estaciones de muestreo son agua con muy baja contaminación por mineralización esto se debe por las bajas conductividades y durezas presentadas, así como el efecto de dilución; para el periodo seco el índice ICOMI demostró que las aguas de las estaciones de muestreo tuvo tendencias a desmejorar por la alta mineralización, esto debido a las actividades de extracción de material de río que allí se realizan las cuales por la remoción de dicho material tienden a cambiar las condiciones del agua por la presencia de algunos minerales, las estaciones de Guacochito, Guacoche y Calabazo reportaron aguas con contaminación muy alta por mineralización, mientras que la estación Salguero reportó una contaminación alta (*Grafica 19*).



Grafica 19. Comportamiento del índice ICOMI en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autores.

#### 4.2.1.2 Índice de contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS)

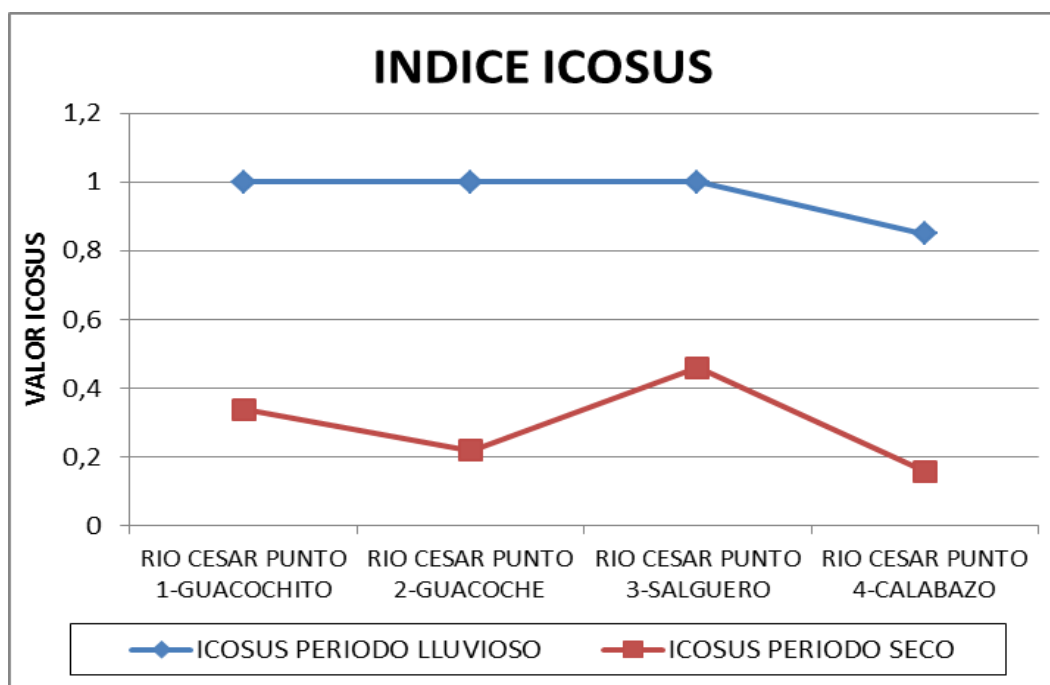
Tabla 13. Valor ICOSUS en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos.

PUNTO DE MUESTREO	ICOSUS		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO	1	0,34	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHÉ	1	0,22	Contaminación alta 0.6 – 0.8
RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO	1	0,46	Contaminación media 0.4 – 0.6
RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZO	0,85	0,16	Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autores

El índice de contaminación por sólidos suspendidos para el periodo lluvioso demostró que las aguas de todas las estaciones de muestreo son agua con muy alta contaminación por sólidos

suspendidos esto se debe por los grandes aportes de sólidos provenientes del suelo por efectos de la escorrentía y erosión de las laderas del Río Cesar por efectos de las lluvias, como también por la extracción de material de río que allí se dan, para el periodo seco el índice ICOSUS demostró que las aguas de las estaciones de muestreo tuvo tendencias a mejorar, las estaciones de Guacochito y Guacoche reportaron aguas con contaminación baja por sólidos suspendidos y esto es debido a que las extracciones de material de río son reguladas y las presencias de materiales sólidos son mínimas, como también por la disminución de las precipitaciones por las cuales disminuyen las escorrentías y estas a su vez disminuyen aportes de sólidos, mientras que la estación Salguero reporto una contaminación media y la estación Calabazo reporto una contaminación muy baja por sólidos suspendidos (*Grafica 20*).



*Grafica 20.* Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autores



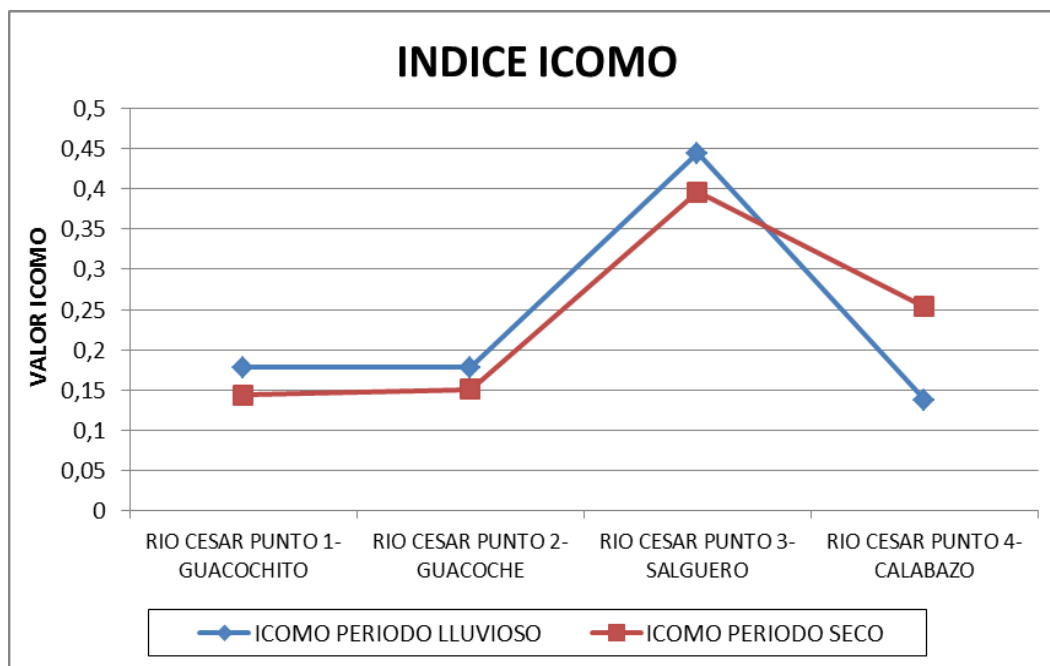
#### 4.2.1.3 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

14. Valor ICOMO en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos.

PUNTO DE MUESTREO	ICOMO		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO	0,178	0,144	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO	0,178	0,151	Contaminación alta 0.6 – 0.8
RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO	0,444	0,396	Contaminación media 0.4 – 0.6
RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZO	0,138	0,254	Contaminación baja 0.2 – 0.4
			Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autores

El ICOMO para el periodo lluvioso demostró que las aguas de las estaciones de muestreo Guacochito, Guacoche y Calabazo son agua con muy baja contaminación por materia orgánica, mientras que la estación Salguero reporto agua con contaminación media debido al aporte de materia orgánica que se genera por el vertimiento de las aguas residuales que allí se genera; para el periodo seco el índice ICOMO demostró que las aguas de las estaciones de muestreo de Guacochito y Guacoche reportaron aguas con contaminación muy baja por materia orgánica, mientras que las estaciones Salguero y Calabazo reportaron una contaminación baja por materia orgánica esto debido a que en el punto del sector salguero a pesar que se encuentra el vertimiento de aguas residuales el aporte de materia orgánica en periodo seco es bajo, en cuanto al punto cuatro en el corregimiento los calabazos presenta iguales características a la estación de muestreo de salguero en periodo seco debido a que en este punto recibe aguas provenientes del sector salguero. (Grafica 21).



*Grafica 21.* Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autores.

## Capítulo 5. Conclusiones

Luego de realizar la toma de muestras y realizar los respectivos análisis de los parámetros en laboratorio, logramos obtener los valores de los parámetros como DBO<sub>5</sub>, PH turbidez, alcalinidad, dureza, conductividad, color, coliformes totales y fecales para cada uno de las estaciones de muestreo establecidas en la zona de estudio.

Los datos obtenidos en cada uno de los análisis físico-químicos y microbiológicos se logró evidenciar que algunos de los parámetros como alcalinidad, turbidez, coliformes totales y fecales, no cumplen con los rangos establecidos en el decreto 1594/1984 según el criterio de uso del agua, lo cual no hace que dicho recurso sea óptimo para la actividad o uso que se requiera, como consumo humano, uso doméstico, o uso agrícola.

Con la aplicación del software ICA Test V 1.0. Logramos establecer que de manera clara y concisa la interpretación y análisis de los valores obtenidos para cada uno de los parámetros y determinar así la calidad del agua en cada una de las estaciones de muestreo establecidos en el área de estudio.

Se logró evidenciar que en el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) muestra para el periodo seco en las cuatro estaciones de muestreo rangos de contaminación altos y muy altos según lo establecido en el cuadro de calificación de índice de contaminación esto debido a que allí se da la extracción de material de río lo cual esto altera las condiciones normales del agua con respecto a la alcalinidad, dureza, y conductividad.

Según los resultados obtenidos para el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) nos muestra un índice de contaminación muy alto en periodo lluviosos para los cuatro puntos de muestreo, esto debido a que para este periodo la presencia de sólidos suspendidos se da en gran cantidad por el arrastre de las escorrentías y extracción en exceso de material del río.

## Recomendaciones

Se recomienda que las autoridades ambientales CORPOCESAR ejerzan mayor presencia y control hacia la fuente hídrica e intervenir de forma definitiva el problema del vertimiento en el sector Salguero implementando un nuevo sistema de tratamiento más tecnificado (PTAR) el cual garantice un mejor tratamiento de las aguas residuales y que a su vez se elimine por completo el vertimiento de dichas aguas al afluente.

Se recomienda que las actividades agropecuarias generadas cerca al afluente sean controladas por quienes las ejercen ya que estas generan una problemática constante en cuanto al vertimiento de residuos al río generados por dichas actividades.

Se recomienda que las autoridades ambientales ejerzan más control sobre las extracciones de material del río las cuales deben regularse periódicamente ya que estas también generan una problemática en cuanto a la alteración a las características de la calidad del agua en el afluente. Se recomienda a las poblaciones aledañas especialmente en el sector salguero abstenerse de dar uso del agua ya que la calidad en este punto no es muy óptima y recomendable para los diferentes usos que allí se den, y buscar alternativas o mecanismos con los cuales puedan abastecerse con una agua de mejor calidad y así mitigar algunos problemas que se puedan generar para su salud.

## Referencias

- A. Ramírez, R Restrepo, G viña. (2013) Cuatro índices de contaminación para  
Caracterización de aguas continentales. [Citado 10 septiembre de 2015].p140, p141  
[http://virus.usal.es/Web/demo\\_fundacua/demo2/FiltraMembColiT\\_auto.html](http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html).
- Brown, R., Mcclelland, N. (1973). Water Quality Index. Application In The Kansas River Basi  
Couillard.
- Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del  
rio cesar, Valledupar. (2011.) disponible en:  
<http://www.corpocesar.gov.co/files/informe%20ejecutivo%202011.pdf>.
- Corpocesar (2011). Informe sobre el estado de los vertimientos puntuales de las aguas residuales  
Urbanas en los municipios de la jurisdicción del departamento del Cesar. Secretaría de  
Agricultura. Gobernación del Cesar. Archivos de la Gobernación del Cesar.  
[http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/dtser\\_188.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_188.pdf).
- Dane (2005). Boletín Censo General de 2005. Necesidades Básicas Insatisfechas.  
En:[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/Bol\\_nbi\\_censo\\_2005.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/Bol_nbi_censo_2005.pdf)  
f
- DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO del Ministerio de  
Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Departamento Nacional de Planeación - DNP,

durante el año 2013, en el marco del desarrollo del objetivo de gobernabilidad de la PNGIRH y los resultados de la Misión Gobernanza del Agua que tuvo lugar en el año 2012.

Fernández, N.; Solano, F. (2005) Índices de calidad y de contaminación del agua., Universidad de Pamplona.

Gallardo & Moreno, A. ( 2015).

<http://www.unilibrebaq.edu.co/unilibrebaq/images/Documentos/mod3recoleccioninform.pdf> Obtenido de Aprender a investigar:

<http://www.unilibrebaq.edu.co/unilibrebaq/images/Documentos/mod3-recoleccioninform.pdf>. DEFINICIÓNABC. Medio ambiente »Área protegida [En línea]. Versión para definición ABC [Sin lugar].S.F. [Citado en septiembre 05 del 2015] Disponible en <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/areaprotegida>.

Horton, R., (1965). An Index Number System For Rating Water Quality, Jr. Of Wpcf, Vol. 37. p.8

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2004). Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua. p.2

IDEAM, SINCHI, IAVH, IIAP, INVEMAR. (2002). Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC - Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información

Ambiental de Colombia. ISBN 958-8067-08-1. p.4

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES –

IDEAM. (2008). Informe. Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

Renovables en Colombia, Estudio nacional del Agua – Relaciones de Demanda de Agua y Oferta

Hídrica. Bogotá D.C.,

Índice de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) de importancia a nivel mundial cap.III pdf p.46 disponible [ on line:]

[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatetest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatetest_capitulo3.pdf)

<http://medioambiente.uexternado.edu.co/m3d10AmB/wpcontent/>

[uploads/2015/06/Presentacion-de-la-Resolucion-0631-de-2015.pdf](http://medioambiente.uexternado.edu.co/m3d10AmB/wpcontent/uploads/2015/06/Presentacion-de-la-Resolucion-0631-de-2015.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. (2013). Octavo Curso-Taller Validación de Métodos

Analíticos, Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua, Memorias. p.4 disponible en:

<http://www.ins.gov.co/control-y-transparencia/SiteAssets/Paginas/rendicion-de-cuentas-2013/INFORME%20DE%20GESTION%20INSTITUCIONAL%202013.pdf>.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. (2007) Resolución 2115 de 2007, Junio 22, Por medio de la cual se Señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia Para la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá. p.4 disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/30653965346361386366633062643033/documento-trabajocalidad- Y-descuento-resolucin-634-2013\\_1.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/30653965346361386366633062643033/documento-trabajocalidad- Y-descuento-resolucin-634-2013_1.pdf)

Montoya, H., Contreras, C., GARCÍA, V. (1997). Estudio Integral de la calidad del agua en el estado de Jalisco. Com. Nal. Agua., Geren. Reg. Lerma Santiago. Guadalajara. p.108

Maillard Ramírez, Isaura. (2010) Reporte de mantenimiento de instalaciones hidráulicas y Sanitarias de Palacio de Gobierno de Xalapa, Veracruz “Universidad de Veracruz”. P 23 145

Natalia Eugenia Samboni Ruiz, Yesid Carvajal Escobar y Juan Carlos Escobar (sep/dic.2007) Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Ing. Investig. v.27 n.3 Bogotá disponible en línea: [http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=es&nrm](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=es&nrm)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2006). Guías para Calidad del agua potable. OMS. Ginebra,. ISBN 4 1546964. p.4

Ott, W. (1978). Environmental Índices, Theory And Practice, Aa Science, Ann Arbor, Michigan. p.3.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Actualizada hasta la reforma del 2001, Colombia, edición actualizada 2001. P.33.

RECUESTO DE COLIFORMES TOTALES. Filtración a Través de Membrana. Laboratorio de Tecnología Educativa. Departamento de Microbiología y Genética. Universidad de Salamanca: España (S F) [08-05-2015] Disponible en:  
[http://virus.usal.es/Web/demo\\_fundacua/demo2/FiltraMembColiT\\_auto.html](http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html) (citado 15/09/2015).

SICOL. (25 de Abril de 2015). <http://www.psicol.unam.mx/Investigacion2/pdf/METO2F.pdf>.  
Obtenido de Métodos de investigación:  
<http://www.psicol.unam.mx/Investigacion2/pdf/METO2F.pdf>.

# Apéndice

## Apéndice A: Estaciones de Muestreo



Punto 1: Guacochito



Punto 2: Guacoch

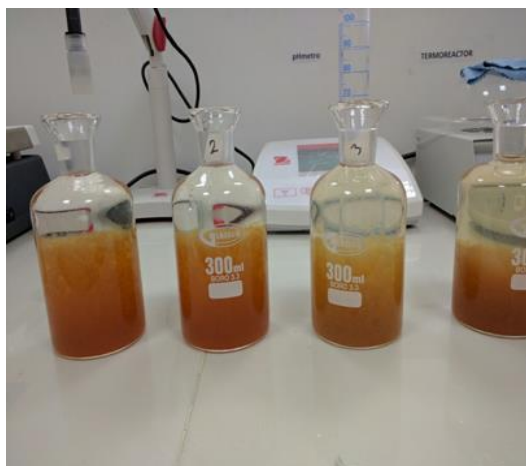


Punto 3: Salguero



Punto 4: Calabazos

## Apéndice B: Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio





## Apéndice C: Resultados de Laboratorio



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia  
NIT. 800 163 130 - 0

### LABORATORIO DE AGUAS

#### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 1 Guacochito

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 6:30 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de mayo de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 25 de mayo de 2016 **HORA:** 08:00 am

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	35
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	26
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	62,8
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	320
COLOR	UPCo	942
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	6,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,8
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100mL	1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 2 Guacoche

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 7:00 am.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de mayo de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 25 de mayo de 2016 **HORA:** 08:00 am

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	35
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	24
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	62,8
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	480
COLOR	UPCo	932
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	5,9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,2
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100ml	1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolabars. Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal 540552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@fppso.edu.co - www.fppso.edu.co





**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia  
NT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 3 Salgero

**TOMADA POR:** Edwin A. Núñez **HORA:** 8:10 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de mayo de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 25 de mayo de 2016 **HORA:** 08:00 am

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	42
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	121
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	340
COLOR	UPCo	339
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	4,2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3,5
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100mL	3800

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acobure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 0088 - Fax: Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NTT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 4 Calabazos

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 9:00 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de mayo de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 25 de mayo de 2016 **HORA:** 08:00 am

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color,  $\text{DBO}_5$ , OD.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
ALCALINIDAD	mg/L $\text{CaCO}_3$	85
DUREZA TOTAL	mg/L $\text{CaCO}_3$	87
CONDUCTIVIDAD	$\mu\text{S}/\text{cm}$	171
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	290
COLOR	UPCo	66
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	6,5
$\text{DBO}_5$	mg/L	1,5
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100mL	>1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 1 Guacochito

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 7:00 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 27 de julio de 2016 **HORA:** 07:00 pm

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	240
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	185
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	821
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	120
COLOR	UPCo	135
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,1
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100mL	>1100

#### Observaciones:

No aplica

#### Recomendaciones:

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 2 Guacoche

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 7:30 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 27 de julio de 2016 **HORA:** 07:00 pm

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	280
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	185
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	580
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	80
COLOR	UPCo	400
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,4
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100mL	>1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolure, Sede el Algodanal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 3 Salgero

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 6:15 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 27 de julio de 2016 **HORA:** 07:00 pm

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	105
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	460
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	100
COLOR	UPCo	305
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	4,2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4,2
Coliformes Totales y E. Coli	NPM/100ml	>1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800.163.130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río Cesar **PUNTO:** punto 4 Calabazos

**TOMADA POR:** Edwin A. Nuñez **HORA:** 9:10 am

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 27 de julio de 2016 **HORA:** 07:00 pm

**ANALISIS SOLICITADOS:** Conductividad, alcalinidad, Dureza, sólidos suspendidos, Color, DBO<sub>5</sub>, OD, Coliformes totales y E. Coll.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	170
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	145
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	404
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	60
COLOR	UPCo	210
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4,0
Coliformes Totales y E. Coll	NPM/100mL	>1100

**Observaciones:**

No aplica

**Recomendaciones:**

No aplica

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

## Apéndice D: Reportes ICA WQI-NSF

### Periodo Lluvioso

#### ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 6:30 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 1. GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 58,74  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Media  
 Rango: 51-70  
 Color: Amarillo

##### Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1,8	84	0,16	13,44
Oxígeno disuelto	73	78,75	0,22	17,32
Coliformes fecales	1100	21,6	0,2	4,32
Nitratos				
pH	8,7	59,11	0,16	9,46
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	74,7	27,12	0,12	3,25

#### ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 7:00 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO2. GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 61,79  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Media  
 Rango: 51-70  
 Color: Amarillo

##### Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1,2	93	0,16	14,88
Oxígeno disuelto	73	78,75	0,22	17,32
Coliformes fecales	1100	21,6	0,2	4,32
Nitratos				
pH	8,6	62,67	0,16	10,03
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	55,4	35,76	0,12	4,29

## ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 8:10 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 3. SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 57,71  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Media  
 Rango: 51-70  
 Color: Amarillo

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	3,5	64	0,16	10,24
Oxígeno disuelto	55	50,5	0,22	11,11
Coliformes fecales	3600	15	0,2	3
Nitratos				
pH	7,6	92	0,16	14,72
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	17,4	64,12	0,12	7,69

## ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 9:00 AM  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 4. CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 73,05  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Buena  
 Rango: 71-90  
 Color: Verde

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1,5	90	0,16	14,4
Oxígeno disuelto	85	90,83	0,22	19,98
Coliformes fecales	1100	21,6	0,2	4,32
Nitratos				
pH	7,1	90	0,16	14,4
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	10,5	75	0,12	9



## Periodo Seco

### ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:00 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUA UFPSO

Valor del índice: 74,06  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Buena  
 Rango: 71-90  
 Color: Verde

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1,1	94	0,16	15,04
Oxígeno disuelto	93	97,25	0,22	21,4
Coliformes fecales	1650	19,4	0,2	3,88
Nitratos				
pH	8,55	64,44	0,16	10,31
Temperatura	4	77	0,15	11,55
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	0,0	99	0,12	11,88

### ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7.30 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 72,81  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Buena  
 Rango: 71-90  
 Color: Verde

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1,4	91	0,16	14,56
Oxígeno disuelto	91	95,75	0,22	21,06
Coliformes fecales	1650	19,4	0,2	3,88
Nitratos				
pH	8,52	65,51	0,16	10,48
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	0,0	99	0,12	11,88

## ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 8:15 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 57,66  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Media  
 Rango: 51-70  
 Color: Amarillo

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	4,2	59,96	0,16	9,59
Oxígeno disuelto	56	51,86	0,22	11,41
Coliformes fecales	1650	19,4	0,2	3,88
Nitratos				
pH	7,9	87	0,16	13,92
Temperatura	5	73	0,14	10,22
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	12	72	0,12	8,64

## ICATest v1.0 - Reporte NSF



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 9:10 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO E AGUAS UFPSO

Valor del índice: 69,87  
 Número de parámetros: 6  
 Clasificación: Media  
 Rango: 51-70  
 Color: Amarillo

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	4,0	61	0,16	9,76
Oxígeno disuelto	97	98,75	0,22	21,72
Coliformes fecales	1650	19,4	0,2	3,88
Nitratos				
pH	8,31	72,98	0,16	11,68
Temperatura	5	73	0,15	10,95
Sólidos totales				
Fosfatos totales				
Turbidez	0,0	99	0,12	11,88

## Apéndice E: Reportes Índices ICOs

### ICOMI Periodo Lluvioso

#### ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



**Fecha:** 24/05/2016  
**Hora:** 6:30 A.M.  
**Lugar:** RIO CESAR-PUNTO1. GUACOCHITO  
**Analista:** LABORATORIOS DE AGUAS UFPSO

**Valor del índice:** 0,047  
**Número de parámetros:** 3  
**Grado de contaminación:** Ninguno  
**Rango:** 0 - 0,2  
**Color:** Azul

##### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	62,8	0,141
Dureza	26	0
Alcalinidad	35	0

#### ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



**Fecha:** 24/05/2016  
**Hora:** 7:00 A.M.  
**Lugar:** RIO CESAR-PUNTO 2. GUACOCHITO  
**Analista:** LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

**Valor del índice:** 0,047  
**Número de parámetros:** 3  
**Grado de contaminación:** Ninguno  
**Rango:** 0 - 0,2  
**Color:** Azul

##### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	62,8	0,141
Dureza	24	0
Alcalinidad	35	0

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 8:10 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 3. SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,134  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Ninguno  
 Rango: 0 - 0,2  
 Color: Azul

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	121	0,34
Dureza	42	0,011
Alcalinidad	60	0,05

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

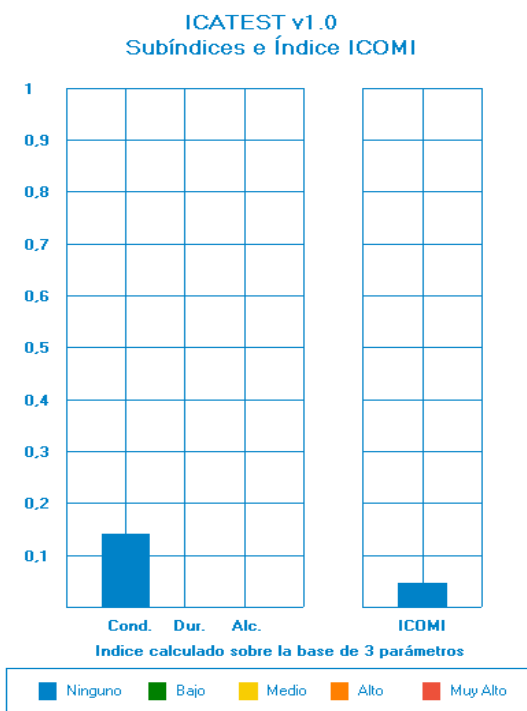


Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 9:00 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 4. CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

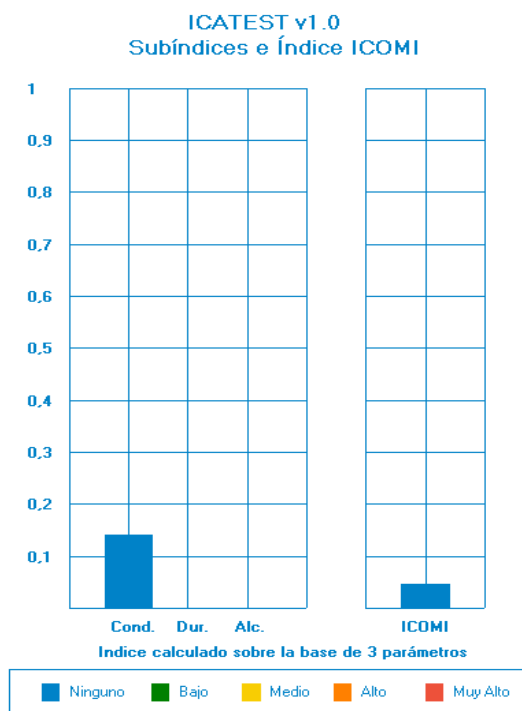
Valor del índice: 0,268  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Bajo  
 Rango: 0,2 - 0,4  
 Color: Verde

## Detalles:

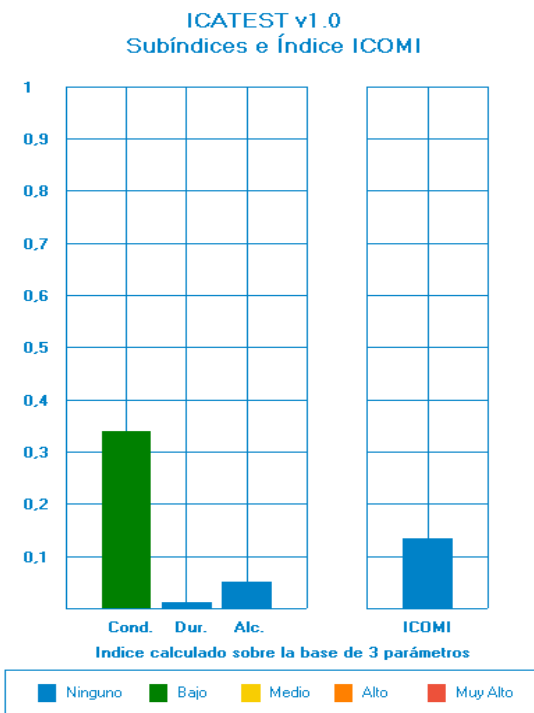
Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	171	0,54
Dureza	67	0,088
Alcalinidad	85	0,175



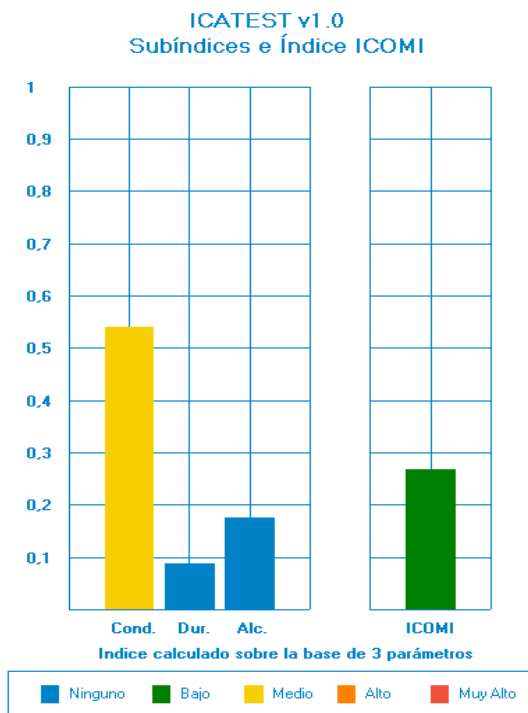
Punto 1: Guacochito



Punto 2: Guacoche



Punto 3: Salguero



Punto 4: Calabazos

## ICOMI Periodo Seco

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:00 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,983  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Muy Alto  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Rojo

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	621	1
Dureza	165	1
Alcalinidad	240	0,95

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:30 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 1  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Muy Alto  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Rojo

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	586	1
Dureza	185	1
Alcalinidad	260	1

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMI



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 8:15 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,729  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Alto  
 Rango: 0,6 - 0,8  
 Color: Naranja

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	460	1
Dureza	105	0,636
Alcalinidad	160	0,55

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

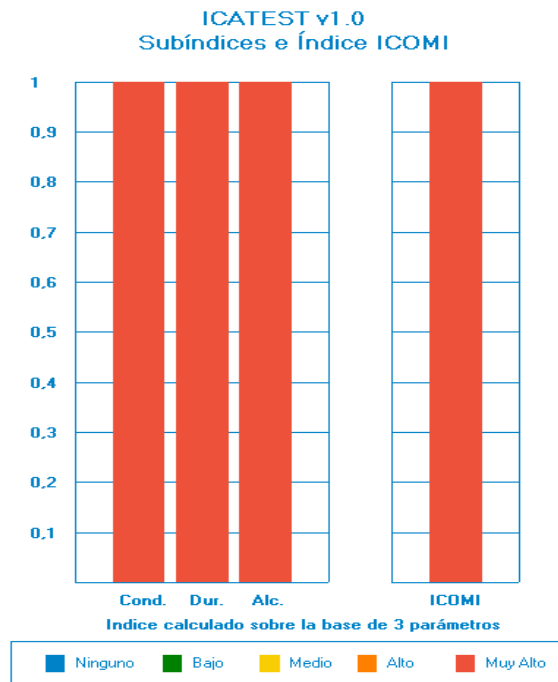
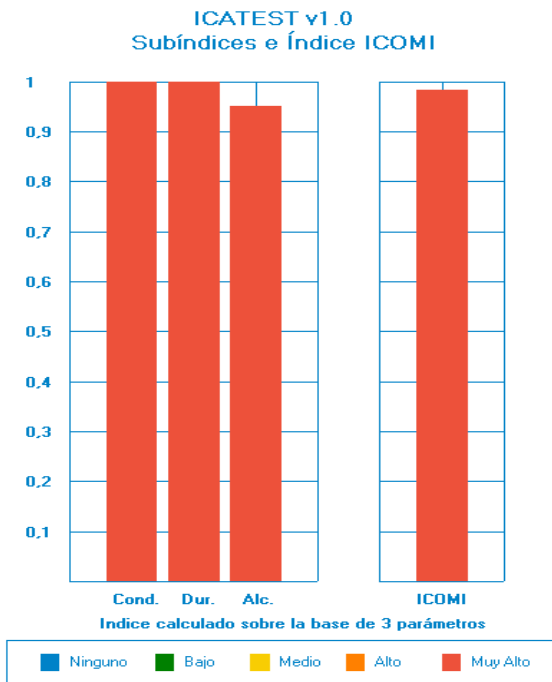


Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 9:10 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 4-CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,867  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Muy Alto  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Rojo

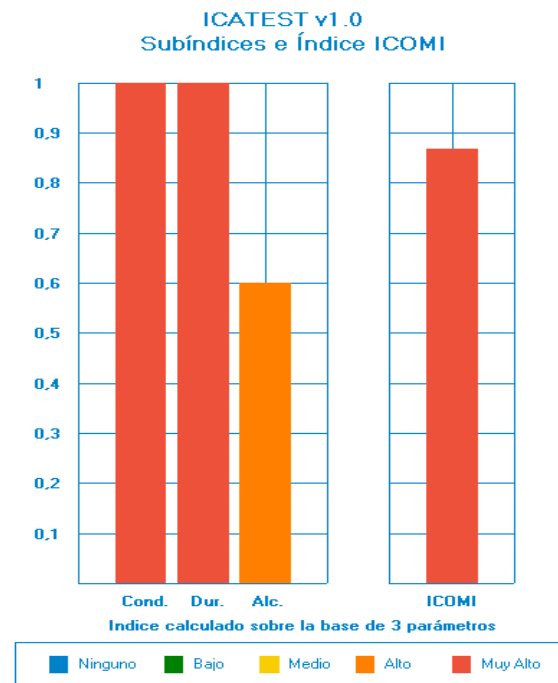
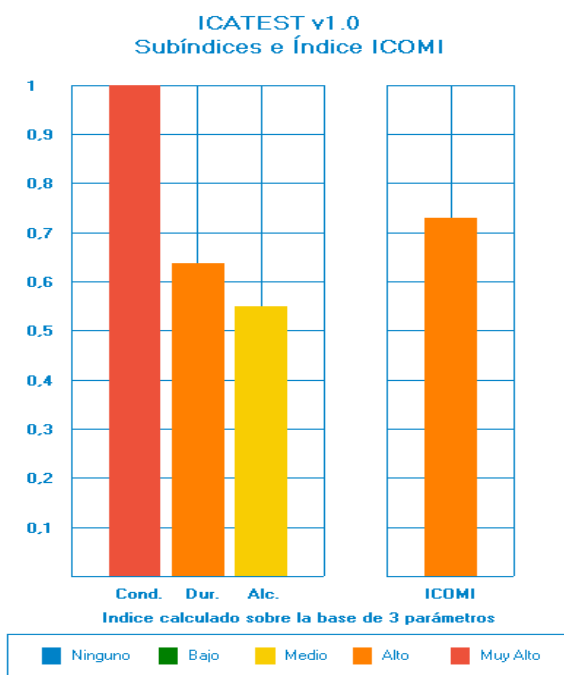
## Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	404	1
Dureza	145	1
Alcalinidad	170	0,6



Punto 1: Guacochito

Punto 2: Guacoche



Punto 3: Salguero

Punto 4: Calabazos



## ICOMO Periodo Lluvioso

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMO



**Fecha:** 10/06/2016  
**Hora:** 11:01:40 a.m.  
**Lugar:** RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO  
**Analista:** LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

**Valor del índice:** 0,178  
**Número de parámetros:** 3  
**Grado de contaminación:** Ninguno  
**Rango:** 0 - 0,2  
**Color:** Azul

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	1,8	0
Coliformes fecales	1100	0,263
Oxígeno disuelto	73	0,27

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMO



**Fecha:** 24/05/2016  
**Hora:** 7:00 A.M.  
**Lugar:** RIO CESAR-PUNTO 2. GUACOCHITO  
**Analista:** LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

**Valor del índice:** 0,178  
**Número de parámetros:** 3  
**Grado de contaminación:** Ninguno  
**Rango:** 0 - 0,2  
**Color:** Azul

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	1,2	0
Coliformes fecales	1100	0,263
Oxígeno disuelto	73	0,27

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMO

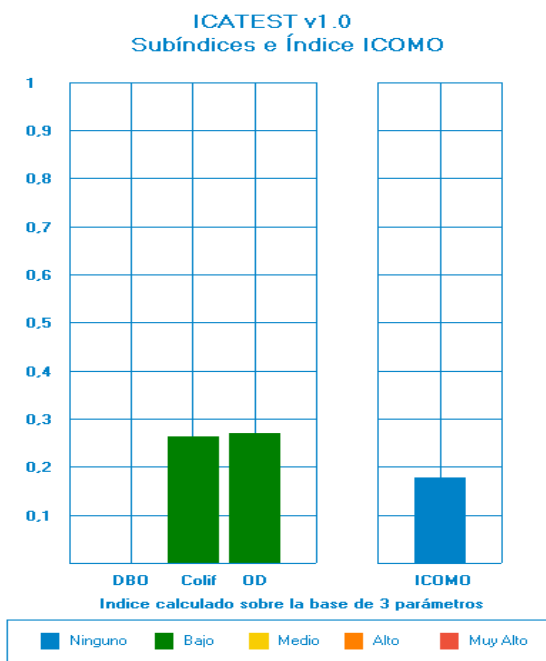


Fecha: 24/05/2016  
Hora: 9:00 A.M.  
Lugar: RÍO CESAR-PUNTO 4. CALABAZOS  
Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

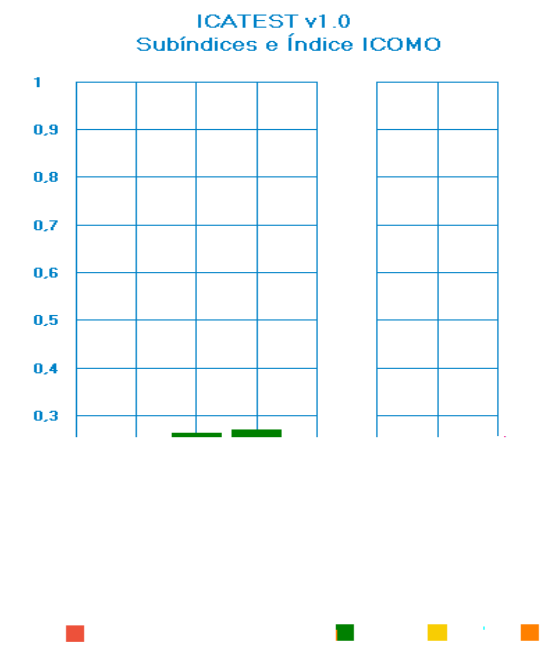
Valor del índice: 0,138  
Número de parámetros: 3  
Grado de contaminación: Ninguno  
Rango: 0 - 0,2  
Color: Azul

## Detalles:

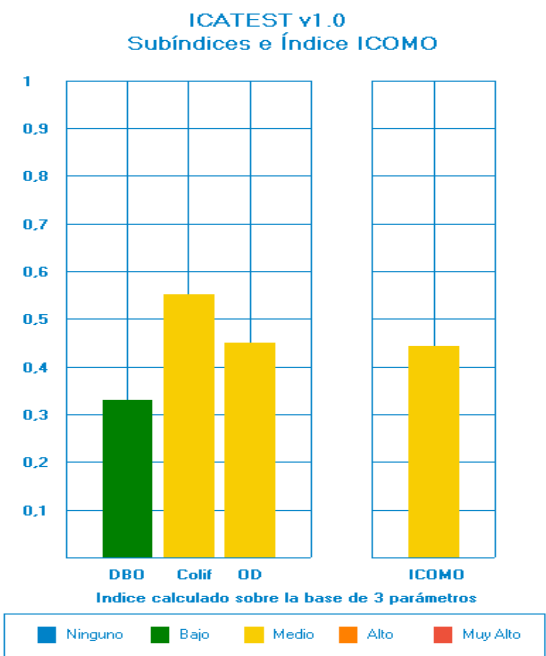
Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	1,5	0
Coliformes fecales	1100	0,263
Oxígeno disuelto	85	0,15



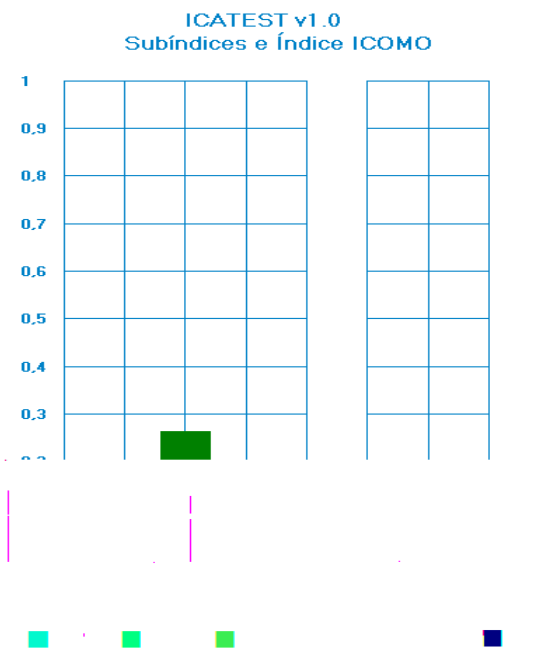
Punto 1: Guacochito



Punto 2: Guacocho



Punto 3: Salguero



Punto 4: Calabazos

## ICOMO Periodo Seco

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMO



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:00 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 1-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,144  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Ninguno  
 Rango: 0 - 0,2  
 Color: Azul

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	1,1	0
Coliformes fecales	1650	0,362
Oxígeno disuelto	93	0,07

### ICATest v1.0 - Reporte ICOMO



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:30 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,151  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Ninguno  
 Rango: 0 - 0,2  
 Color: Azul

#### Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	1,4	0
Coliformes fecales	1650	0,362
Oxígeno disuelto	91	0,09

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMO



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 8:15 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,396  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Bajo  
 Rango: 0,2 - 0,4  
 Color: Verde

## Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	4,2	0,386
Coliformes fecales	1650	0,362
Oxígeno disuelto	56	0,44

## ICATest v1.0 - Reporte ICOMO

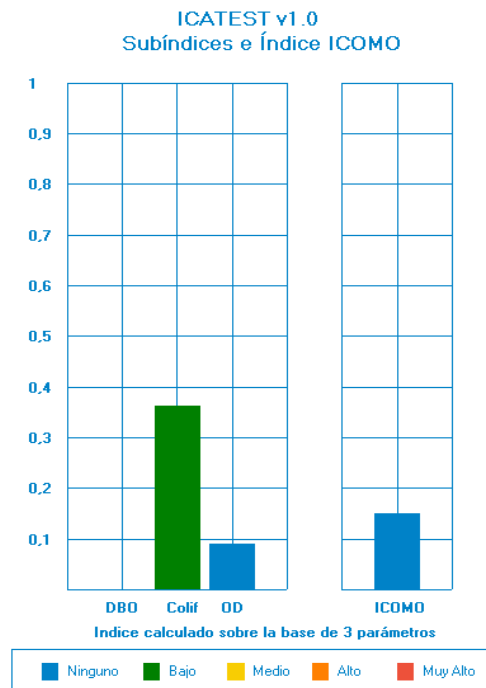
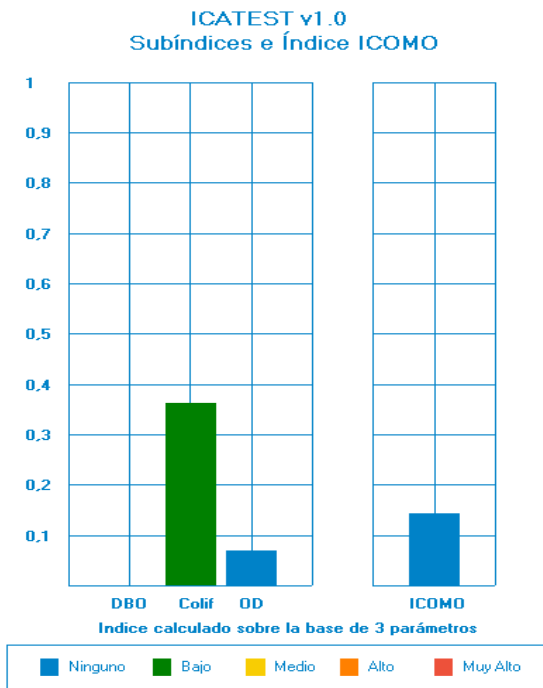


Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 9:10 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 4-LOS CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,254  
 Número de parámetros: 3  
 Grado de contaminación: Bajo  
 Rango: 0,2 - 0,4  
 Color: Verde

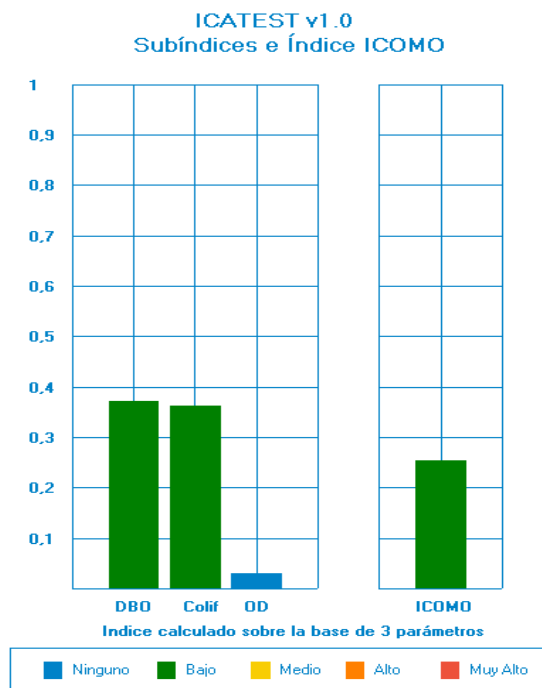
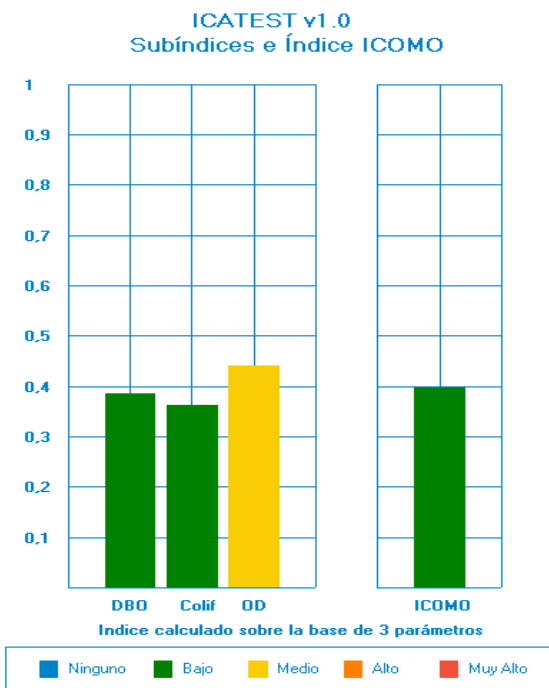
## Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	4,0	0,371
Coliformes fecales	1650	0,362
Oxígeno disuelto	97	0,03



Punto 1: Guacochito

Punto 2: Guacoche



Punto 3: Salguero

Punto 4: Calabazos

## ICOSUS Periodo Lluvioso

### ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 6:30 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO1.GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 1  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Rojo  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales 520

### ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 7:00 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 2. GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 1  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Rojo  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales 480

## ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 8:10 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 3. SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 1  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Rojo  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales 340

## ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 24/05/2016  
 Hora: 9:00 A.M.  
 Lugar: RIO CESAR-PUNTO 4. CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUA UFPSO

Valor del índice: 0,85  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Rojo  
 Rango: 0,8 - 1  
 Color: Azul

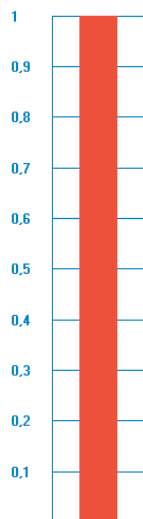
Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales 290



ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

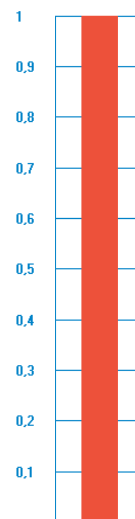


Indice = 1



Punto 1: Guacochito

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

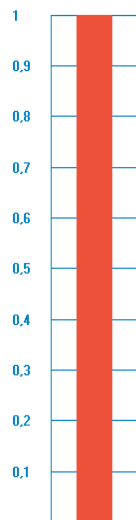


Indice = 1



Punto 2: Guacoche

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

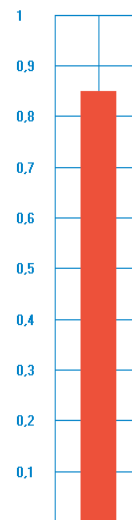


Indice = 1



Punto 3: Salguero

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Indice = 0,85



Punto 4: Calabazos

## ICOSUS Periodo Seco

### ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:00 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 1-GUACUCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,34  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Bajo  
 Rango: 0,2 - 0,4  
 Color: Verde

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales	120
-----------------------------	-----

### ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 7:30 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 2-GUACOCHITO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,22  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Bajo  
 Rango: 0,2 - 0,4  
 Color: Verde

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales	80
-----------------------------	----

## ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 8:15 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 3-SALGUERO  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

Valor del índice: 0,46  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Medio  
 Rango: 0,4 - 0,6  
 Color: Amarillo

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales	160
-----------------------------	-----

## ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS



Fecha: 27/07/2016  
 Hora: 9:10 a.m.  
 Lugar: RIO CESAR PUNTO 4-LOS CALABAZOS  
 Analista: LABORATORIO DE AGUAS UFPSO

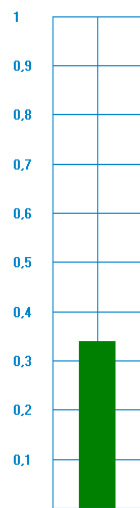
Valor del índice: 0,16  
 Número de parámetros: 1  
 Grado de contaminación: Ninguno  
 Rango: 0 - 0,2  
 Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Sólidos Suspendidos totales	60
-----------------------------	----

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

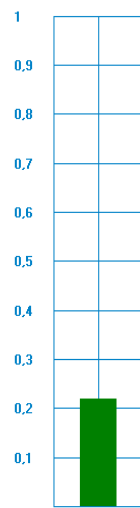


Índice = 0.34



### Punto 1: Guacochito

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

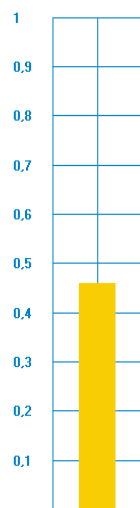


Índice = 0.22



### Punto 2: Guacoche

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

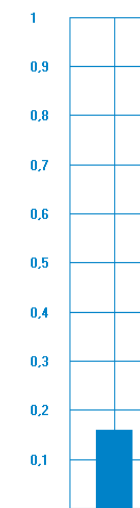


Índice = 0.46



### Punto 3: Salguero

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Índice = 0.16



### Punto 4: Calabazos

## Apéndice F: Encuestas

### Resultados Encuesta

La presente encuesta se hizo en Los corregimientos de Guacochito que cuenta con 754 habitantes, Guacoche 2.000 habitantes, Sector Salguero 20 habitantes y Calabazos 1.118 habitantes. La zona cuenta con un total de 3.894 habitantes, se tomó una muestra de 20 personas por cada vereda.

#### Variables

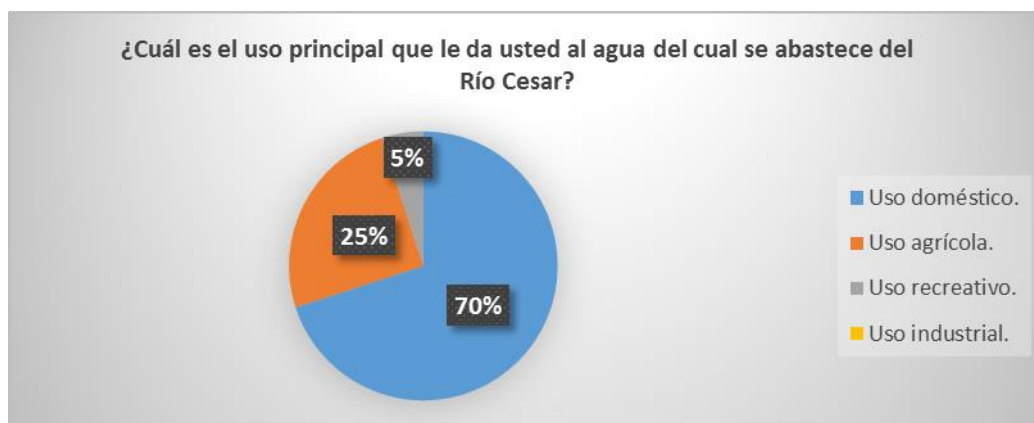
- Cuantitativa= Población total 3,894 habitantes
- Cuantitativa Discreta= Número de personas de cada una de las veredas del proyecto
- Cuantitativa Continua=Personas Encuestadas en cada una de las veredas del proyecto.

Los resultados arrojados por la encuesta se relacionan a continuación:

#### ENCUESTA EN EL CORREGIMIENTO GUACOCHITO.

1. ¿Cuál es el uso principal que le da usted al agua del cual se abastece del Río Cesar?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
Uso doméstico.	14	70%
Uso agrícola.	5	25%
Uso recreativo.	1	5%
Uso industrial.	0	0%



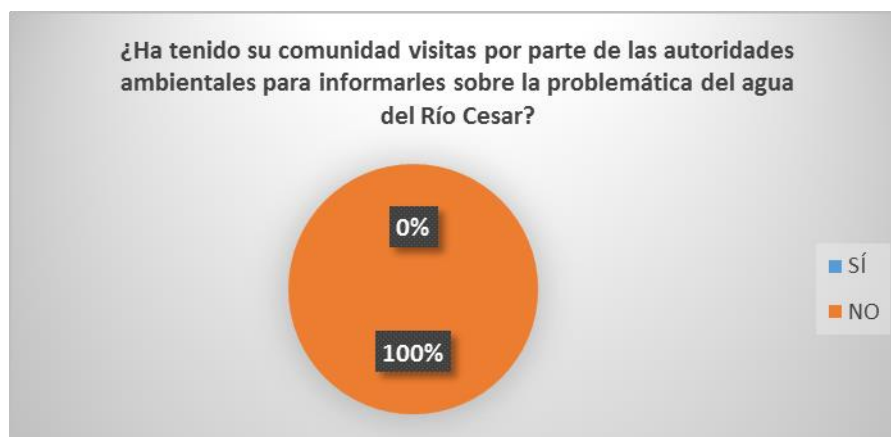
2. Con el uso del agua del río Cesar, ¿ha notado contagio de enfermedades asociadas al consumo en la comunidad donde usted vive actualmente? ¿Cuáles enfermedades se han presentado?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)	OBSERVACIÓN
SÍ	1	5%	Problemas de tipo gastrointestinal.
NO	19	95%	



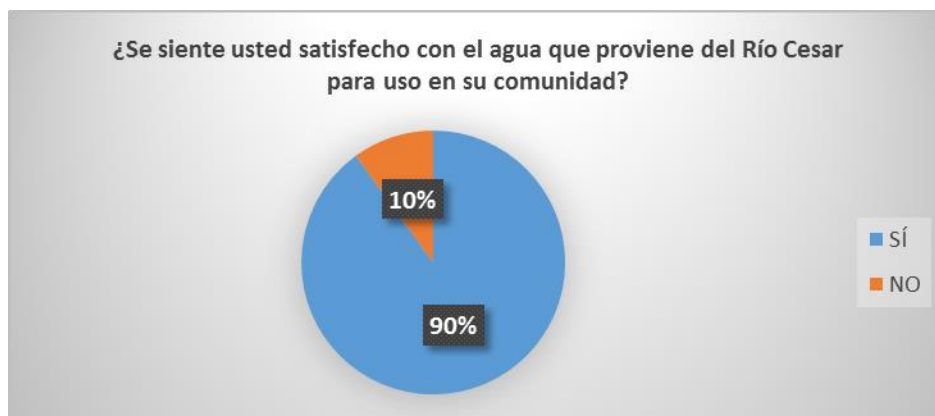
3. ¿Ha tenido su comunidad visitas por parte de las autoridades ambientales para informarles sobre la problemática del agua del Río Cesar?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	0	0%
NO	20	100%



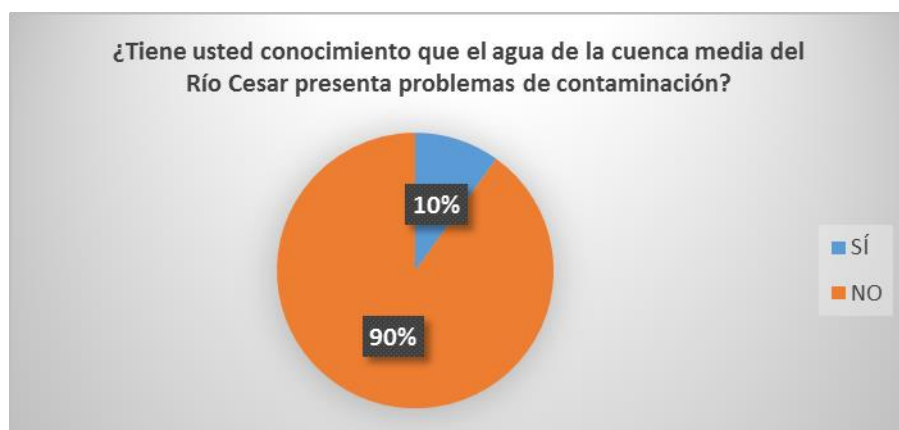
4. ¿Se siente usted satisfecho con el agua que proviene del Río Cesar para uso en su comunidad?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	18	90%
NO	2	10%



5. ¿Tiene usted conocimiento que el agua de la cuenca media del Río Cesar presenta problemas de contaminación?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJES (%)
SÍ	2	10%
NO	18	90%

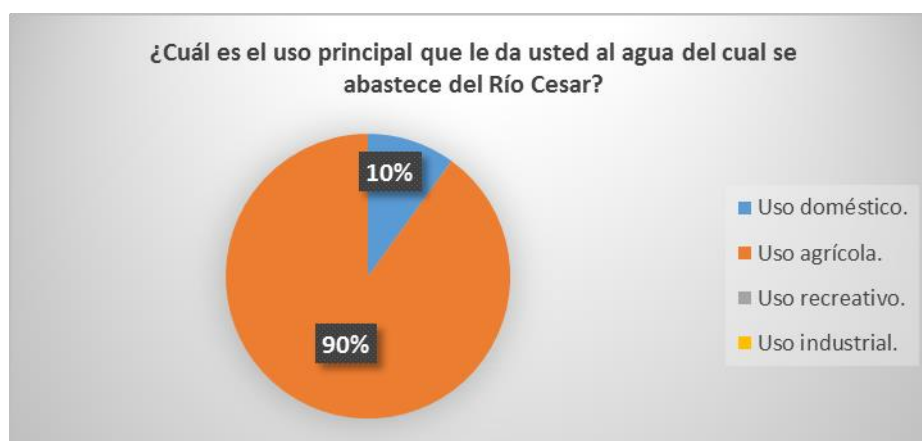


## Encuesta en el Corregimiento Guacoche.

1. ¿Cuál es el uso principal que le da usted al agua del cual se abastece del Río Cesar?

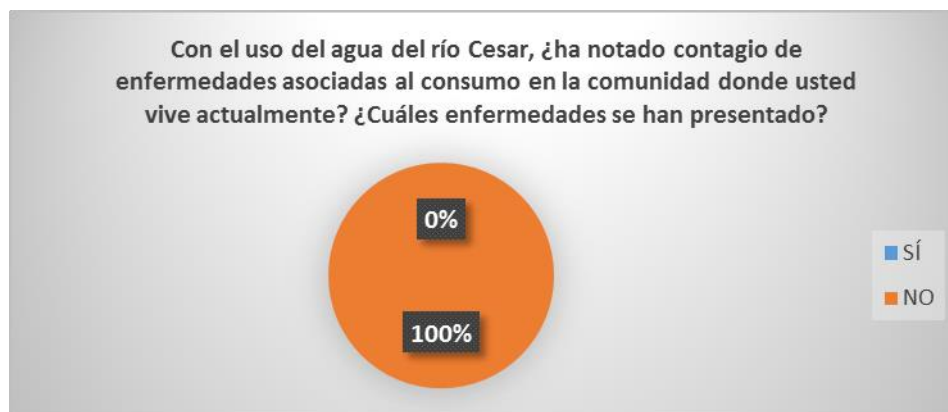
Tabla 1.

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
Uso doméstico.	2	10%
Uso agrícola.	18	90%
Uso recreativo.	0	0%
Uso industrial.	0	0%



2. Con el uso del agua del río Cesar, ¿ha notado contagio de enfermedades asociadas al consumo en la comunidad donde usted vive actualmente? ¿Cuáles enfermedades se han presentado?

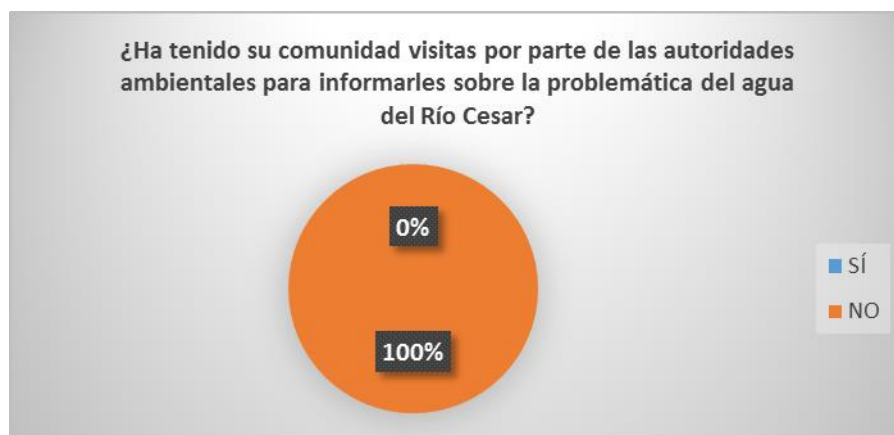
RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)	OBSERVACIÓN
SÍ	0	0%	
NO	20	100%	





3. ¿Ha tenido su comunidad visitas por parte de las autoridades ambientales para informarles sobre la problemática del agua del Río Cesar?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	0	0%
NO	20	100%



4. ¿Se siente usted satisfecho con el agua que proviene del Río Cesar para uso en su comunidad?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	18	90%
NO	2	10%



5. ¿Tiene usted conocimiento que el agua de la cuenca media del Río Cesar presenta problemas de contaminación?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJES (%)
SÍ	0	0%
NO	20	100%

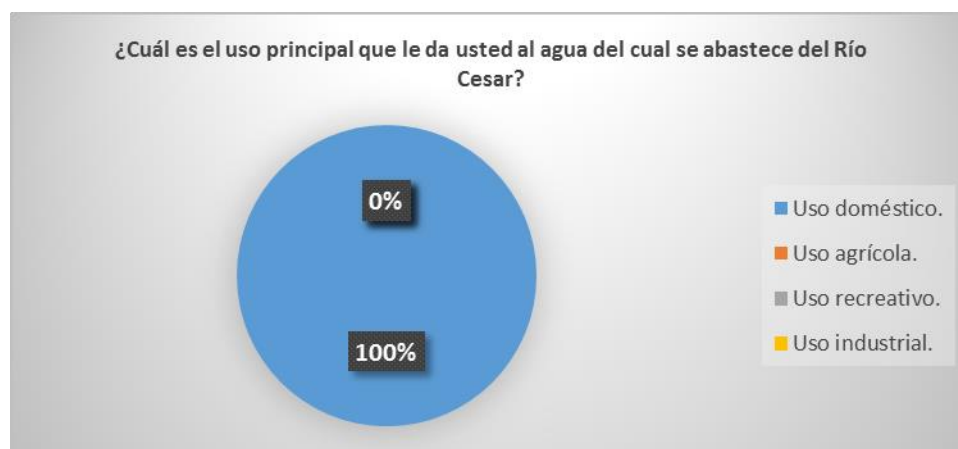


## Encuesta en Sector Salguero.

1. ¿Cuál es el uso principal que le da usted al agua del cual se abastece del Río Cesar?

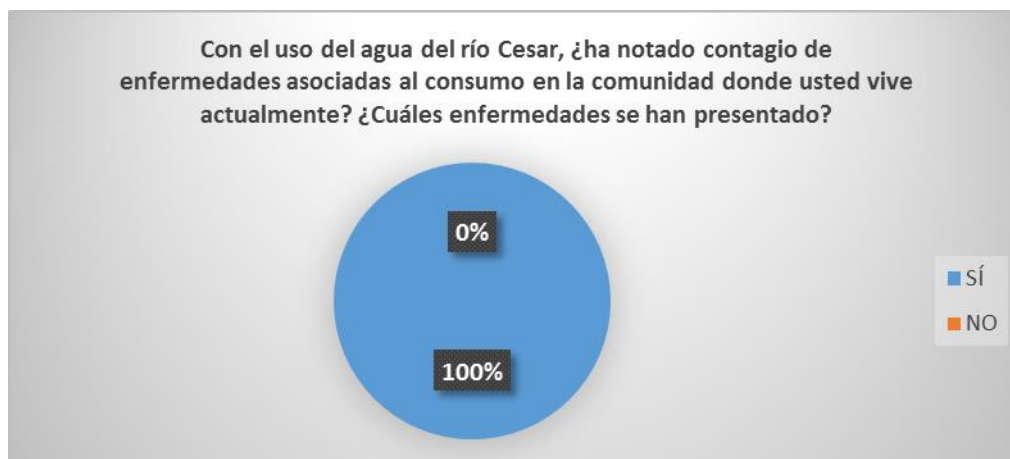
Tabla 1.

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
Uso doméstico.	20	100%
Uso agrícola.	0	0%
Uso recreativo.	0	0%
Uso industrial.	0	0%



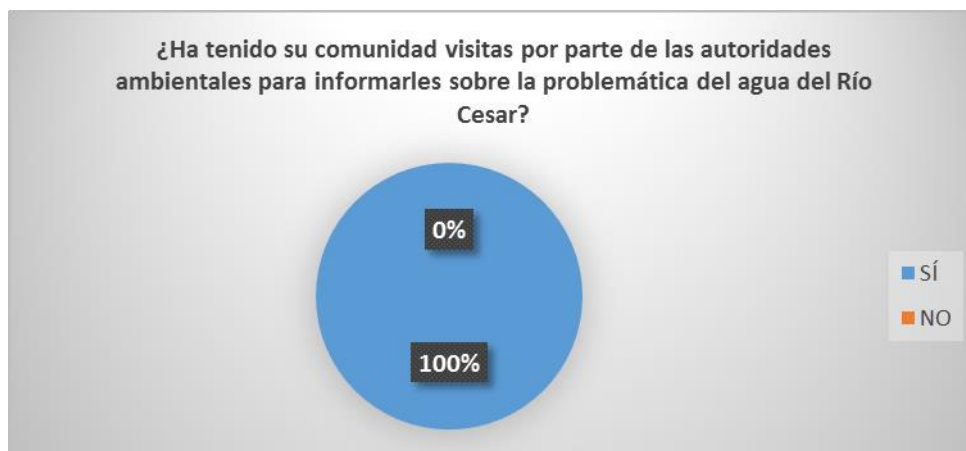
2. Con el uso del agua del río Cesar, ¿ha notado contagio de enfermedades asociadas al consumo en la comunidad donde usted vive actualmente? ¿Cuáles enfermedades se han presentado?

RESPUESTA	NÚMERO	PORCENTAJE	OBSERVACIÓN
SÍ	20	100%	15 personas presentaron diarrea.
NO	0	0%	



3. ¿Ha tenido su comunidad visitas por parte de las autoridades ambientales para informarles sobre la problemática del agua del Río Cesar?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	20	100%
NO	0	0%



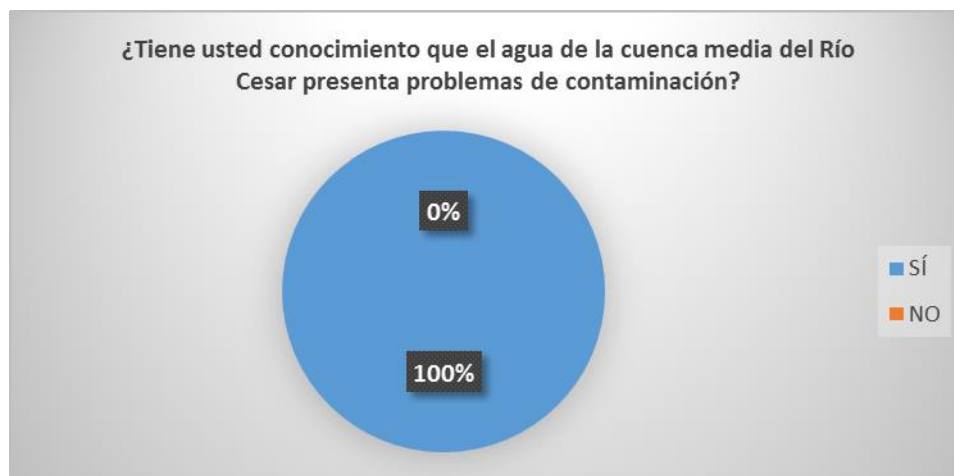
4. ¿Se siente usted satisfecho con el agua que proviene del Río Cesar para uso en su comunidad?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	0	0%
NO	20	100%



5. ¿Tiene usted conocimiento que el agua de la cuenca media del Río Cesar presenta problemas de contaminación?

<b>RESPUESTA</b>	<b>NÚMERO (PERSONAS)</b>	<b>PORCENTAJES (%)</b>
SÍ	20	100%
NO	0	0%

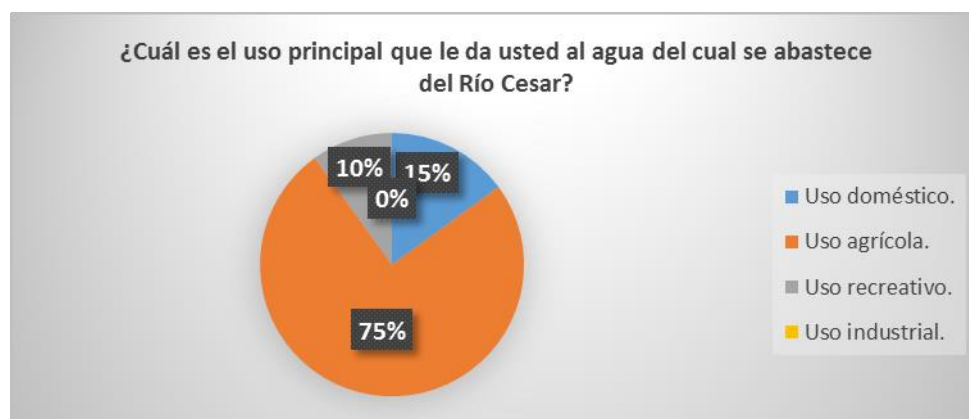


## Encuesta en el Corregimiento los Calabazos.

1. ¿Cuál es el uso principal que le da usted al agua del cual se abastece del Río Cesar?

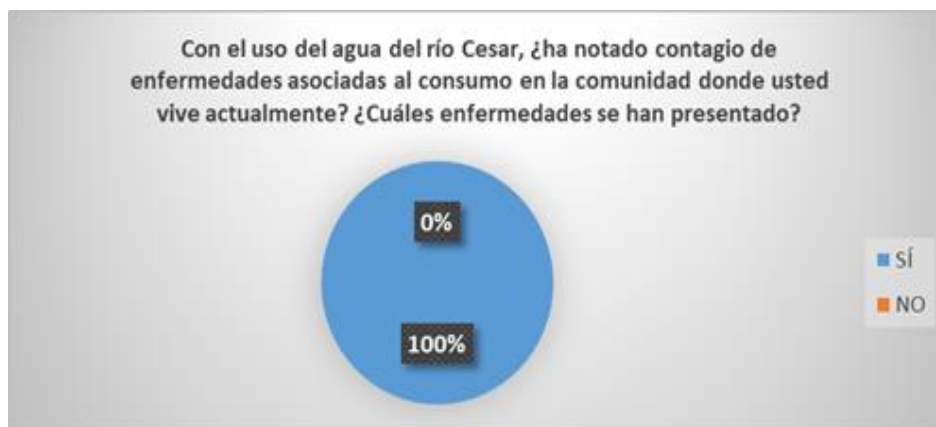
Tabla 1.

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
Uso doméstico.	3	15%
Uso agrícola.	15	75%
Uso recreativo.	2	10%
Uso industrial.	0	0%



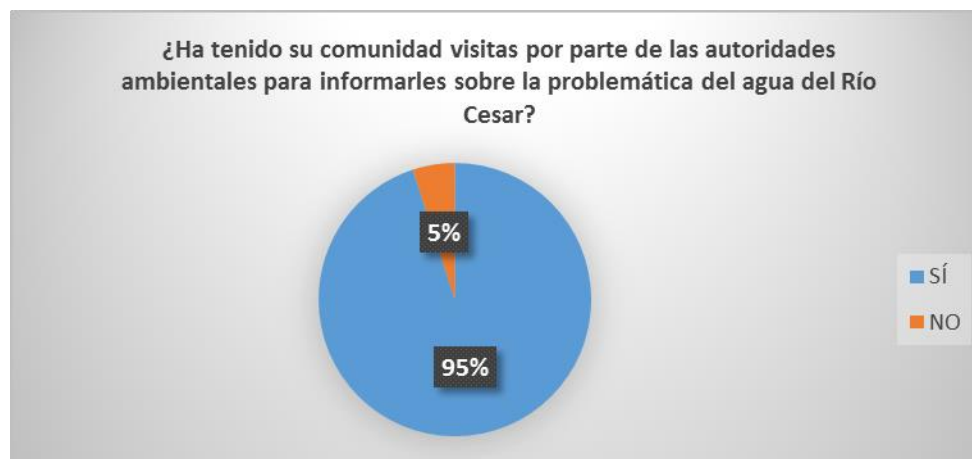
2. Con el uso del agua del río Cesar, ¿ha notado contagio de enfermedades asociadas al consumo en la comunidad donde usted vive actualmente? ¿Cuáles enfermedades se han presentado?

RESPUESTA	NÚMERO	PORCENTAJE	OBSERVACIÓN
SÍ	20	100%	10 personas presentaron diarrea.
NO	0	0%	



3. ¿Ha tenido su comunidad visitas por parte de las autoridades ambientales para informarles sobre la problemática del agua del Río Cesar?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	19	95%
NO	1	5%



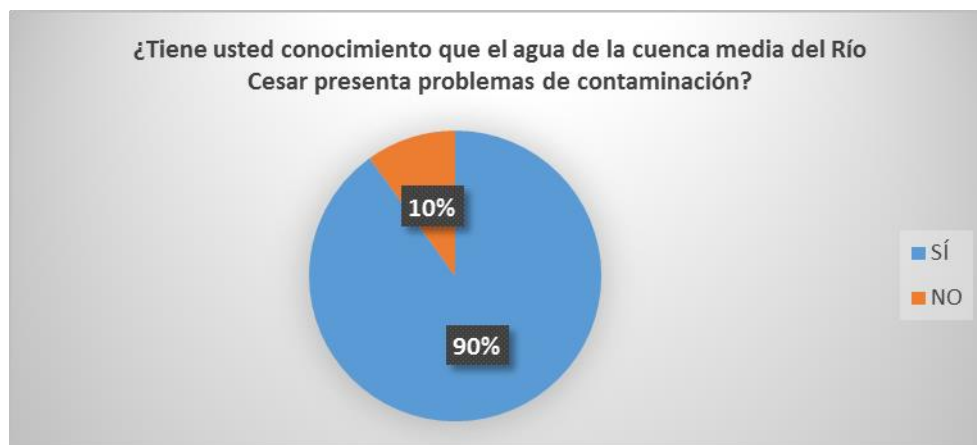
4. ¿Se siente usted satisfecho con el agua que proviene del Río Cesar para uso en su comunidad?

RESPUESTA	NÚMERO (PERSONAS)	PORCENTAJE (%)
SÍ	0	0%
NO	20	100%



5. ¿Tiene usted conocimiento que el agua de la cuenca media del Río Cesar presenta problemas de contaminación?

<b>RESPUESTA</b>	<b>NÚMERO (PERSONAS)</b>	<b>PORCENTAJES (%)</b>
SÍ	18	90%
NO	2	10%





### Apéndice G: Registro Fotográfico Encuestas

