

**ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DE ORO APLICANDO INDICES
DE CONTAMINACIÓN (ICO's) EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL BARRIO LA
COLINA CAMPESTRE EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA-SANTANDER**

JAVIER ARMANDO ANAYA ACEVEDO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2012

**ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DE ORO APLICANDO INDICES
DE CONTAMINACIÓN (ICO's) EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL BARRIO LA
COLINA CAMPESTRE EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA-SANTANDER**

JAVIER ARMANDO ANAYA ACEVEDO

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Química Ambiental**

**Director:
LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO
Química. MsC.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mis padres José Angel Anaya y Mercedes Acevedo, quienes amo con todo mi corazón y son un ejemplo de vida para mí.

A mis hermanas quienes han sido mi compañía y apoyo durante tanto tiempo.

A Silvia Juliana Pradilla por brindarme su amor, apoyo, fortaleza y animo en los momentos difíciles.

A la profesora Luz Yolanda Vargas por los conocimientos y el aporte brindado al desarrollo del proyecto.

Al Ingeniero Wilson Sandoval por el suministro de equipos necesarios para la realización de las mediciones.

Al profesor Ricardo Restrepo por su apoyo y suministro del software utilizado en el proyecto.

A la Dra. Marianny Combarizza por su incondicional apoyo y asesoría.

A todos los profesores de la Especialización en Química Ambiental, quienes han hecho de mí un mejor profesional, les agradezco su dedicación y enseñanza.

A mis compañeros de grupo con quienes he compartido momentos inolvidables y he entablado una grata amistad

A la Universidad Industrial de Santander, por ser de nuevo la Institución forjadora de mi mejoramiento personal y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.2 OBJETIVO GENERAL	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	17
2.2 CALIDAD DEL AGUA	17
2.3 INDICADORES BIOLÓGICOS	19
2.4 INDICADORES FISICO-QUÍMICOS	20
2.4.1 Potencial de Hidrogeniones o Ph	21
2.4.2 Temperatura	21
2.4.3 Oxígeno Disuelto	21
2.4.4 Sólidos Suspendidos Totales	22
2.4.5 Alcalinidad	23
2.4.6 Conductividad	23
2.4.7 Dureza	23
2.4.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno	24
2.4.9 Demanda Química de Oxígeno	25
2.5 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS	25
2.5.1 Coliformes Totales	25
2.5.2 Coliformes Fecales	26
2.6 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	26
2.7 NORMATIVIDAD APLICABLE	28
3. METODOLOGIA	29
3.1 PUNTOS DE MUESTREO	29

3.2 TOMA DE MUESTRAS	30
3.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO	39
3.4 CÁLCULO INDICES DE CONTAMINACIÓN	39
3.4.1 Índice de contaminación por materia orgánica, ICOMO	39
3.4.2 Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS	40
3.4.3 Índice de contaminación por mineralización, ICOMI	41
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
4.1 RESULTADOS CALIDAD DEL AGUA	42
4.2 RESULTADOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	46
5. CONCLUSIONES	50
6. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los Puntos de muestreo	29
Figura 2. Niveles de DBO ₅ y DQO en los puntos de muestreo.	45
Figura 3. ICOMI para los sitios muestreados	46
Figura 4. ICOMO para los sitios muestreados	47
Figura 5. ICOSUS para los sitios muestreados	48

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Punto 1. 100m aguas arriba Bocatoma del Acueducto.	32
Fotografía 2. Punto 2. Frente al Barrio La Colina Campestre.	32
Fotografía 3. Punto 3. Barrio La Candelaria / EDS El Molino.	32
Fotografía 4. Punto 1. Toma de muestra	33
Fotografía 5. Punto 1. Bocatoma Piedecuestana de Servicios Públicos	33
Fotografía 6. Punto 1. Conductividad eléctrica	33
Fotografía 7. Punto 1. Oxígeno Disuelto	34
Fotografía 8. Punto 1. pH	34
Fotografía 9. Punto 1. Toma en recipientes	34
Fotografía 10. Punto 2. Toma de muestra.	35
Fotografía 11. Punto 2. Uso recreativo del Río	35
Fotografía 12. Punto 2. Conductividad eléctrica	35
Fotografía 13. Punto 2. Oxígeno Disuelto	36
Fotografía 14. Punto 2. pH	36
Fotografía 15. Punto 2. Toma en recipientes	36
Fotografía 16. Punto 3. Toma de muestra	37
Fotografía 17. Punto 3. Georeferenciación	37
Fotografía 18. Punto 3. Conductividad eléctrica	37
Fotografía 19. Punto 3. Oxígeno Disuelto	38
Fotografía 20. Punto 3. pH	38
Fotografía 21. Punto 3. Toma en recipientes	38

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Niveles de Dureza en el agua	24
Tabla 2. Escala de clasificación de la Calidad del agua conforme a la Demanda Bioquímica de Oxígeno	24
Tabla 3. Escala de la clasificación de la Calidad del agua, conforme a la Demanda Química de Oxígeno (DQO).	25
Tabla 4. Rangos empleados para la valoración en los Índices de Contaminación	27
Tabla 5. Parámetros evaluados y sus límites permisibles según el Decreto 1594 de 1984 y la Resolución 2115 de 2007.	28
Tabla 6. Datos de Georeferenciación de los Sitios muestreados	30
Tabla 7. Recipientes utilizados para el muestreo	31
Tabla 8. Parámetros analizados y protocolos utilizados	39
Tabla 9. Resultados de la Calidad de Agua en los tres puntos evaluados	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Informe de Resultados de los Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos	55
ANEXO 2: Reportes de Parámetros Físicoquímicos según programa ICA TEST V1.0	59
ANEXO 3. Reportes de Parámetros Físicoquímicos según programa ICA TEST V1.0	65
ANEXO 4. Reportes de Parámetros Físicoquímicos según programa ICA TEST V1.0	71

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DE ORO APLICANDO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICO`s) EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL BARRIO LA COLINA CAMPESTRE EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA-SANTANDER.

AUTOR: ANAYA, Acevedo. Javier Armando **

PALABRAS CLAVES: Contaminación, Calidad de Agua, Índices de Contaminación

DESCRIPCIÓN:

El agua es un recurso importante para cualquier actividad humana debido a su uso a nivel de consumo, domestico, agrícola, pecuario, recreativo e industrial, sin embargo, la contaminación proveniente de actividades antropogénicas y naturales en sí, han generado un problema que en la actualidad se enfrenta. De ahí que sea necesaria la realización de estudios de calidad del recurso tanto en aguas superficiales como subterráneas.

El presente trabajo consta de un análisis de la calidad de agua en el Río de Oro, de Santander en una franja de la microcuenca Oro Medio. Para el mismo, se eligieron los parámetros físico-químicos y microbiológicos necesarios para el cálculo de los Índices de contaminación. Tales Índices fueron: El Índice de contaminación por mineralización (ICOMI), Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), e Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Por medio de estos, se determina el estado de contaminación del cuerpo de agua y por lo tanto, que variables fisicoquímicas lo condicionan.

Los resultados obtenidos, arrojaron valores muy bajos de contaminación originada por sólidos suspendidos y por mineralización en la franja evaluada. Fue la contaminación originada por materia orgánica, la de mayor relevancia dado que en la franja evaluada se encontró cercana a niveles medios. Sin embargo la relación obtenida de DBO y DQO en el cuerpo evaluado indica una mayor afección por materia orgánica no biodegradable. Lo cual hace necesario una caracterización más detallada del agua de la zona, para hallar la fuente de dichos contaminantes no biodegradables ya que estos pueden bioacumularse y llegar a ser tóxicos.

* Monografía

**Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Luz Yolanda Vargas Fiallo.

SUMMARY

TITLE: ANALYSIS OF THE WATER QUALITY OF GOLDEN RIVER, APPLYING THE CONTAMINATION INDEX (ICO's) IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE HILL COUNTRY NEIGHBORHOOD IN THE MUNICIPALITY OF PIEDECUESTA-SANTANDER.

AUTHOR: ANAYA, Acevedo. Javier Armando **

KEY WORDS: Contamination, Water Quality, Contamination Index.

DESCRIPCIÓN:

Water is an important resource for any human activity due to its use at the level of consumption, domestic, agricultural, livestock, recreational and industrial, wherever, pollution from human activities and natural in itself, have created a problem in the currently faces. It is therefore necessary to conduct studies in both resource quality surface and groundwater.

This work consists of an analysis of water quality in the Golden river, Santander, in a strip of gold microbasin. For the same physico-chemical and microbiological parameters were chosen necessary for the calculation of contamination index. These index were: Mineralization Pollution Index (ICOMI), Organic Matter Pollution index (ICOMO) and Suspended Solids Pollution Index (ICOSUS). Through these, determine the state of pollution of the water body and therefore, physicochemical variables that are affected.

The results, yielded very low levels of pollution caused by suspended solids and mineralization in the range evaluated. It was the pollution caused by organic matter, the most important since in the range evaluated was found near average levels. However the relationship of BOD and COD obtained in the evaluated body indicates a greater condition by non-biodegradable organic matter. Which necessitates a more detailed characterization of water in the area, to find the source of non-biodegradable pollutants such as these can bioaccumulate and become toxic.

* Monography

** Science Faculty, Chemistry School, Luz Yolanda Vargas Fiallo.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso importante para cualquier actividad humana y para los ecosistemas, sin embargo ésta es cada vez más escasa. Otro problema que se enfrenta en la actualidad, es el de la contaminación de los cuerpos de agua, desde el punto de vista bacteriológico, el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen contaminación por materia fecal o por materia orgánica. El uso recreativo del agua implica un riesgo de contraer enfermedades como la gastroenteritis, dermatitis y problemas respiratorios. *Cryptosporidium sp*, *Norovirus sp* y cepas de *Escherichia coli* enteropatógenas son las causas más importantes de brotes de diarrea, *Pseudomonas* y *S. aureus* son los principales agentes de infecciones cutáneas, mientras que *Legionella sp* lo es de infecciones respiratorias, situación que provoca un riesgo de contraer enfermedades en personas que realizan actividades recreativas que implican un contacto directo con el agua (Romero et al, 2010).

El Río de Oro es la fuente de agua del acueducto municipal de Piedecuesta y abastece una población de 200.000 habitantes; Allí, la Piedecuestana de Servicios Públicos capta el agua para su debido tratamiento con el fin de abastecerse. De 550 litros de agua por segundo que pueden ser procesados en la planta, únicamente se tratan 250 litros, es decir, el 50% restante no pasa por ningún proceso para el consumo humano. En esta zona existe una gran deficiencia y escasez de registros, haciendo imposible un estudio hidrológico detallado de la cuenca. En la actualidad, utiliza un caudal derivado del Río de Oro de valor indefinido. En general es preocupante que no se tengan definidas ni la cantidad, ni la calidad del agua de la fuente (Hernández et al, 2008); ya que esta se utiliza con fines recreativos, usos domésticos, y actividades de trabajo informal como es el caso de los areneros. A su vez últimamente esta fuente está siendo impactada por vertimientos de nuevas construcciones de viviendas.

El presente trabajo consistió en evaluar el estado de contaminación del Río de Oro en una fracción de la microcuenca Oro Medio, realizando el análisis de parámetros fisicoquímicos, necesarios para calcular tres índices de Contaminación (ICO's), estableciéndose de ésta forma un punto de partida para determinar que variable predomina a nivel de contaminación y el estado del cuerpo de agua en el momento de la realización del monitoreo.

La metodología del monitoreo se realizó por medio de toma de muestra puntual en tres sitios (antes, durante, después) de la zona de influencia del Barrio La Colina Campestre para posterior análisis de laboratorio, establecer las concentraciones de los parámetros evaluados y así determinar el valor de los índices de contaminación en cada punto.

1. OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Determinar el estado de contaminación del Río de Oro en el tramo comprendido en la zona de influencia del barrio La Colina Campestre en el municipio de Piedecuesta.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la calidad de agua del tramo del río mediante la aplicación de tres índices de contaminación (ICO's), con base en parámetros fisicoquímicos.
- Emplear mediciones de Parámetros in-situ de las muestras de agua
- Comparar los resultados con parámetros vigentes en la legislación para determinar la viabilidad del recurso.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Piedecuesta es un municipio de Santander que se encuentra a 17 km de Bucaramanga, formando parte de su área metropolitana. Su extensión territorial es de 344 kilómetros cuadrados; limitando por el norte con Tona y Floridablanca, por el oriente con Santa Bárbara, por el occidente con Girón y por el sur con Guaca, Cepitá, Aratoca y Los Santos. Se encuentra ubicado a 1005 metros sobre el nivel del mar y su temperatura media es de 19 °C.

Es considerado un municipio productor de agua, dada su ubicación en la cordillera oriental ya que nacen 12 quebradas y tres ríos: Hato, Manco y Oro. Éste último, objeto de estudio en el presente proyecto.

La subcuenca Río de Oro se encuentra conformada por las microcuencas Oro Bajo, Frío, Oro Medio, Lato y Oro Alto, con una extensión aproximada de 58 346 hectáreas. Los puntos en los que se tomaron las muestras se ubicaron en el sureste del municipio, en la microcuenca del Río de Oro Medio dado que circunda los Barrios Colina Campestre y Cabecera del Llano.

2.2 CALIDAD DEL AGUA

Se ha estimado que el 8% del agua mundial es destinada para uso doméstico (agua potable, cocina, aseo personal y jardinería), el 22% para usos industriales (principalmente energía hidráulica o energía nuclear), y 70% para el riego de cultivos (Sterling & Vintinner, 2008).

Dado que el agua no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino que se suelen hallar seres vivos junto con material de origen orgánico e inorgánico que pueden o no ser dañinos; el agua básicamente presenta dos denominaciones: agua potable y agua contaminada o polucionada. El agua potable es aquella que es segura para beber, de sabor agradable y útil para propósitos domésticos gracias a un proceso de purificación, de igual forma es un término aplicable al agua que cumple las normas promulgadas por la legislación ambiental. El agua contaminada o polucionada es aquella que contiene materiales suspendidos o disueltos que la hacen inapropiada para su uso proyectado, es decir, no reúne las condiciones necesarias para ser utilizada de forma beneficiosa (McGhee, 1999). Procesos naturales como la precipitación y la erosión, así como factores antropogénicos, como los desechos urbanos e industriales y la actividad agropecuaria, han incrementado la explotación de las fuentes hídricas determinando la calidad de las aguas superficiales de una región. (Vieira et al, 2012).

Las causas del deterioro de las aguas incluyen contaminantes químicos (por ejemplo PCB, metales y sustancias que reducen el oxígeno), las condiciones físicas (por ejemplo, la elevada temperatura, la sedimentación excesiva o las alteraciones del hábitat) y los contaminantes biológicos (Tales como, bacterias y “malezas” acuáticas nocivas).

En general, los agentes patógenos, principalmente coliformes fecales y E. coli han encabezado la lista de causas para el deterioro del agua, las demás causas principales son contaminación por mercurio, otros metales (por ejemplo, el plomo y el arsénico), y los nutrientes (principalmente fósforo o compuestos nitrogenados). (Li & Migliaccio, 2010)(Camargo & Alonso, 2007).

Dado lo anterior, el término calidad de agua es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. Dichos atributos afectan la

disponibilidad para el recurso humano (Irrigación, Uso Industrial y Doméstico) y la salubridad del ecosistema (Welch & Lindell, 2004).

2.3 INDICADORES BIOLÓGICOS

El determinar la calidad del recurso en un determinado cuerpo de agua, llámese quebrada, río, arroyo, embalse, lago, entre otros, se ha realizado por medio de estudios a nivel de bioindicación con diferentes tipos de organismos, desde macroinvertebrados hasta microalgas.

Un organismo bioindicador se define como aquel que se encuentra invariable en un ecosistema de características propias y definidas, cuya población es similar al resto de especies con las que comparte el mismo hábitat (Roldán, 1999), de ahí que han sido diversos los estudios realizados en aguas superficiales utilizando organismos bioindicadores (Iliopoulou-Georgudaki et al, 2003), donde por ejemplo la composición de macroinvertebrados por degradación del hábitat y contaminación química del agua se ha visto afectada (Beyene et al, 2009). A su vez, el realizar trabajos no solo con un tipo de bioindicador sino con otros, como las diatomeas (microalgas), complementa un diagnóstico sobre algún cuerpo de agua, en gran medida porque son inmóviles y están presentes en todas partes y se pueden encontrar en cualquier condición contrario a los macroinvertebrados (Iliopoulou-Georgudaki et al, 2003), (Kireta et al, 2012).

Dichos organismos bioindicadores se han utilizado para determinar la incidencia de la contaminación por pesticidas (Rimet et al, 2011), descargas de acuicultura (Haji Shah et al, 2008), entre otros tipos de contaminantes. Además son apropiados para saber el estado de calidad de agua al aumentarse variables como disminución de la acidez, de nutrientes o sedimentos (Tien et al, 2004).

Sin embargo estos estudios no determinan los tipos de contaminantes responsables. De ahí que se enfatice el presente trabajo en el análisis de parámetros físico-químicos los cuales dan información de las especies químicas del agua y también de sus propiedades físicas (Samboni et al, 2007)(Roldán & Restrepo 2008).

2.4 INDICADORES FISICO-QUÍMICOS

Para Evaluar la calidad de agua se han implementado metodologías que involucran varios parámetros fisicoquímicos, las cuales son agrupados, para ser interpretados de una forma más sencilla, tal es el caso de los índices de calidad de agua y los índices de contaminación del agua (ICO's).

La utilización de métodos fisicoquímicos, a diferencia de hidrobiológicos permite un análisis más rápido y a su vez que puedan ser monitoreados con mayor regularidad, generando una serie de datos que involucran más de una variable para posterior interpretación y análisis (Samboni et al, 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, los criterios de la calidad del agua se refieren a las concentraciones de los constituyentes que, si no exceden la normatividad, permitirán concluir que el ecosistema acuático es apropiado para los múltiples usos del agua. Dichos criterios se derivan de investigaciones y hechos científicos obtenidos de la experimentación o de observaciones in situ sobre la respuesta de organismos sometidos a estímulos definidos bajo condiciones ambientales reguladas en un período de tiempo específico.

Las características y propiedades de algunos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos importantes que se han utilizado tradicionalmente como indicadores de la calidad de un cuerpo de agua son las siguientes : pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales,

Compuestos Nitrogenados, Alcalinidad, Acidez, Conductividad, Dureza, Sulfatos, Fosfatos, Hidrocarburos, Fenoles, Metales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes Totales, Coliformes fecales, entre otros. A continuación se explica en detalle los conceptos de los parámetros a utilizar para la realización de los Índices de Contaminación.

2.4.1 Potencial de Hidrogeniones o Ph. El pH mide la concentración de iones libres de hidrógeno en el agua. Un nivel de pH de 7,0 se considera neutro. El agua pura tiene un pH de 7,0. El agua con un nivel de pH menor a 7,0 se considera ácida. Entre más bajo el pH, más ácida es el agua. El agua con un pH mayor a 7,0 se considera alcalina. Entre mayor el pH, mayor es su alcalinidad. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal, ni especies animales. A su vez su valor es importante en la operación de procesos de tratamiento de agua y aguas residuales y en el control de la corrosión (McGhee, 1999). El pH en aguas naturales neotropicales varía entre 6,0 y 9,0 y puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio del CO₂ con el aire (Roldán et al, 2008).

2.4.2 Temperatura. La temperatura del agua tiene gran importancia debido, a que define el estado o calidad del recurso hídrico, así como el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (Organismos estenotérmicos y euritérmicos).

Este parámetro influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

2.4.3 Oxígeno Disuelto. La solubilidad del oxígeno en el agua se debe a varios factores, en particular a la temperatura, presión atmosférica, salinidad, el origen del agua, presencia de vegetales, materias orgánicas oxidables, organismos y

gérmenes aerobios así como la perturbación de los cambios atmosféricos y presencia de grasas , hidrocarburos y/o detergentes entre otros compuestos orgánicos.

Cuando la temperatura se aumenta, el contenido de oxígeno disuelto disminuye en razón de su solubilidad, pero también a causa del consumo de seres vivos y las bacterias que se multiplican.

La distribución del oxígeno en cuerpos de agua naturales está determinada por el intercambio gaseoso a través de la superficie del agua, la producción fotosintética, el consumo respiratorio y por procesos físicos de difusión y movimiento horizontal del aire causado principalmente por variaciones de la presión atmosférica cerca de la superficie.

En cuerpo de agua lenticos (Lagunas, embalses) y aguas subterráneas, la concentración tiende a disminuir con la profundidad y los fenómenos anaerobios pueden desarrollarse en los fondos.

A pesar que no existe una concentración mínima que cause efectos fisiológicos adversos sobre la salud humana, a nivel de desarrollo de fauna piscícola en general se acepta que una concentración de 5 mg/L es adecuada para éstos fines, mientras que concentraciones inferiores a 3 mg/L pueden ser letales para la ictiofauna.

2.4.4 Sólidos Suspendidos Totales. Los sólidos suspendidos totales es un parámetro asociado con pequeñas cantidades de materia orgánica y material disperso en virtud de su naturaleza coloidal ya que no sedimentan por gravedad cuando el agua se encuentra en reposo. Determinan en gran parte el color aparente del agua y la franja aeróbica y fotosintética de un reservorio de agua. El principal interés de este parámetro, asociado con la turbidez del agua natural, se

relaciona con la destinación del recurso para el consumo público y con las condiciones de vida de la fauna acuática. Una alta concentración de sólidos producirá disturbios en el crecimiento de los huevos de los peces, modifica su movimiento natural, su migración y reduce la abundancia de alimentos.

2.4.5 Alcalinidad. La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar un ácido, esto principalmente es debido a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en el agua. Se expresa en mg/L de CaCO_3 . Concentraciones de 20 mg/L se consideran ideales para las aguas superficiales con el fin de proteger la vida acuática y menos de 500 mg/L para el agua de riego. En la mayoría de las aguas, la alcalinidad consta básicamente del ión bicarbonato, los iones hidroxilo y carbonatos suelen formarse en procesos de tratamiento de aguas.

2.4.6 Conductividad. Es la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica. Dependiendo ésta, de la presencia de iones, concentración Total y de la temperatura a la cual se realiza la medición. En soluciones acuosas cuanto mayor sea la concentración de sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. Los ríos en su nacimiento generalmente son oligotróficos pero la concentración de iones y por ende de la conductividad aumenta a medida que llegan a los valles.

2.4.7 Dureza. Se define como la cantidad de iones Calcio y Magnesio presentes en el agua. Las aguas con concentraciones bajas de dureza se denominan aguas blandas y biológicamente poco productivas, mientras que las que presentan valores altos se denominan duras y por ende muy productivas. Resulta de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas. La dureza varía de un lugar a otro siendo menor en aguas superficiales que en las subterráneas.

Clasificación del agua según la dureza. (Roldán, 2008)

Tabla 1. Niveles de Dureza en el agua

Mg CaCO ₃ L ⁻¹	Grado de Dureza
0 - 75	Blanda
75 - 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
>300	Muy Dura

2.4.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno. Se denomina como la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la oxidación de la materia orgánica para producir productos finales estables como CO₂ y H₂O. Es una indicación indirecta del Carbono orgánico biodegradable presente en una masa líquida dada. Si hay mucha materia orgánica fácilmente biodegradable los organismos aeróbicos crece sin dificultad, al aumentar la población ocurre un descenso en la concentración de Oxígeno Disuelto en el sistema. Es un parámetro que permite (junto con la DQO) reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural hasta un tipo de agua que muestra aportaciones importantes de descargas.

Tabla 2. Escala de clasificación de la Calidad del agua conforme a la Demanda Bioquímica de Oxígeno

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
DBO ₅ ≤ 3	Excelente: No Contaminada	Azul
3 < DBO ₅ ≤ 6	Buena Calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
6 < DBO ₅ ≤ 30	Aceptable: Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	Amarillo
30 < DBO ₅ ≤ 120	Contaminada: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
DBO ₅ ≥ 120	Fuertemente contaminada: Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Fuente: Atlas de la cuenca Lerma-Chapala. Evaluación de la Calidad del Agua

2.4.9 Demanda Química de Oxígeno. Parámetro analítico de contaminación que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua mediante oxidación química. En este proceso la materia se convierte en CO₂ y H₂O, sin importar que tan asimilable sea biológicamente la sustancia. Es una prueba que involucra oxidación ácida del agua por dicromato de Potasio.

Tabla 3. Escala de la clasificación de la Calidad del agua, conforme a la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
DQO ≤ 10	Excelente: No Contaminada	Azul
10 < DQO ≤ 20	Buena Calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	Verde
20 < DQO ≤ 40	Aceptable: Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	Amarillo
40 < DQO ≤ 200	Contaminada: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
DQO > 200	Fuertemente contaminada: Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Fuente: Atlas de la cuenca Lerma-Chapala. Evaluación de la Calidad del Agua

2.5 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

2.5.1 Coliformes Totales. Las bacterias coliformes son frecuentemente utilizadas para evaluar la calidad higiénica del agua en general y para evaluar la eficacia del tratamiento de agua potable y la integridad del sistema de distribución. No deben ser detectables en suministros de agua tratada. Si se encuentran, sugieren un tratamiento inadecuado, la contaminación posterior al tratamiento y / o post-crecimiento de una excesiva concentración de nutrientes. En algunos casos se puede indicar la presencia de patógenos responsables de la transmisión de enfermedades infecciosas. Los coliformes totales comprenden un grupo heterogéneo el cual incluye bacterias de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*,

Enterobacter, Klebsiella, Serratia y Rahnella. Aunque la mayoría de estas bacterias son de origen fecal, algunas bacterias clasificadas como coliformes no son de origen fecal.

2.5.2 Coliformes Fecales. Son uno de los indicadores bacterianos de contaminación fecal más utilizados, indican la posible presencia de agentes patógenos responsables de la transmisión de enfermedades infecciosas como gastroenteritis, salmonelosis, disentería, cólera y fiebre tifoidea. Se utiliza para evaluar la calidad de los efluentes de aguas residuales, agua de río, agua de mar en las playas de baño, agua cruda para el establecimiento de agua potable, el agua potable tratada, el agua utilizada para el riego y la acuicultura, y las aguas de recreo. La presencia de *Escherichia coli* es usada para confirmar la presencia de polución fecal por animales de sangre caliente (a menudo interpretado como contaminación fecal humana).

2.6 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Con base en dichos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mencionados con anterioridad, (Ramírez et al, 1997) y (Ramírez et al, 1999), definieron grupos de variables fisicoquímicas que se encuentran relacionadas y seleccionaron las variables más representativas para ser involucradas en los Índices de Contaminación (ICO'S).

La implementación de dichos índices surgió, luego de hallarse inconsistencias en los índices de la Calidad de las Aguas (ICA), principalmente porque en éstos últimos al llevarse a cabo una valoración, por ejemplo, una muestra de agua puede ser valorada de buena calidad a pesar de que alguna variable exhiba un alto grado de contaminación. A partir de esto, los autores realizaron análisis estadísticos por medio de análisis de componentes principales, identificaron correlaciones entre variables físicas y químicas, las cuales dieron origen a cuatro

índices de contaminación. De Los cuales, tres son analizados en el presente estudio.

ICOMI: Índice de Contaminación por mineralización, el cual incorpora las variables conductividad, dureza y alcalinidad.

ICOMO: Índice de contaminación por materia orgánica, el cual incorpora la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno.

ICOSUS: Índice de contaminación por sólidos suspendidos, el cual incorpora el parámetro del mismo nombre.

ICOTRO: Índice de contaminación trófico, el cual se calcula con base en la concentración de fósforo total.

Dichos índices son independientes y complementarios (Ramírez et al., 1999) y permiten realizar una interpretación rápida del estado de la calidad del cuerpo de agua evaluado empleando un código de colores, para indicar el rango de los ICO calculados en cada punto de muestreo (Tabla 4)

Tabla 4. Rangos empleados para la valoración en los Índices de Contaminación

Valor del Índice	Rango
0,00 – 0,20	Muy bajo
0,21 – 0,40	Bajo
0,41 – 0,60	Medio
0,61 – 0,80	Alto
0,81 – 1,00	Muy alto

2.7 NORMATIVIDAD APLICABLE

En la Tabla 5, se encuentran los parámetros evaluados en el presente proyecto según los límites permisibles en el Decreto 1594 de 1984 para la destinación del recurso hídrico para uso doméstico y recreativo de contacto primario. De igual forma para la Resolución 2115 de 2007 para destinación del recurso hídrico para consumo humano.

Tabla 5. Parámetros evaluados y sus límites permisibles según el Decreto 1594 de 1984 y la Resolución 2115 de 2007.

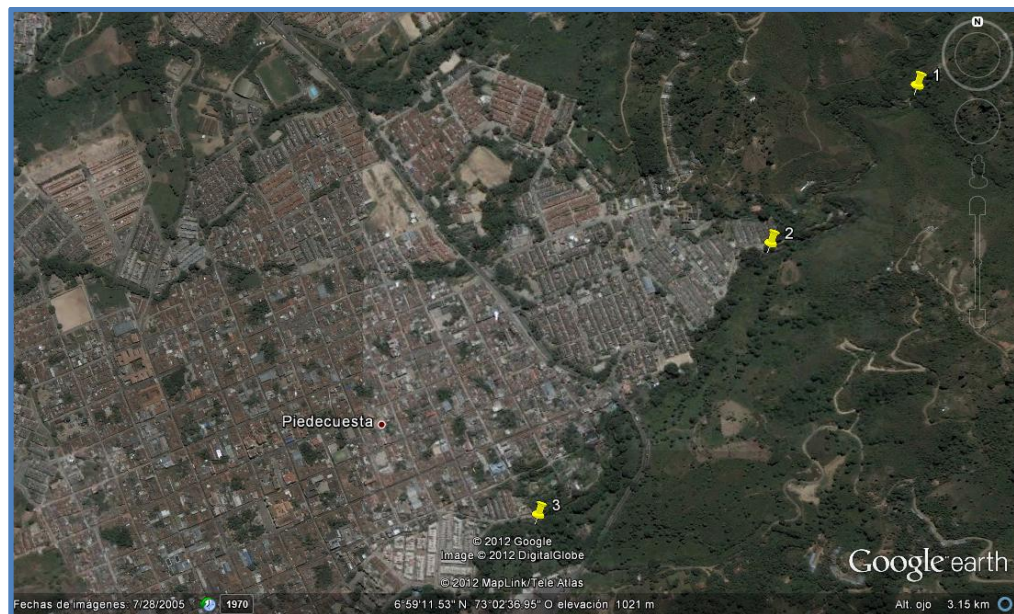
Parámetros	Unidad de medición	Decreto 1594 / 84		Resolución 2115 de 2007
		Art. 38	Art. 42	
Alcalinidad	mg / L	N.A.	N.A.	200
Conductividad	µs/cm	N.A.	N.A.	1000
Dureza Total	mg / L	N.A.	N.A.	300
pH	Unidad	5.0 – 9.0	5.0 – 9.0	6,5 - 9,0
Oxígeno Disuelto	% Sat.	N.A.	70	N.A.
Coliformes Totales	NMP/100 ml	20000	1000	0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2000	200	0

3. METODOLOGIA

3.1 PUNTOS DE MUESTREO

Los Puntos de muestreo seleccionados ubicados en la cuenca media del Río de Oro fueron tres. El primero ubicado cien (100) metros aguas arriba de la bocatoma en la que hace la captación la Piedecuestana de servicios públicos, el segundo, ubicado justo al frente del Barrio La Colina Campestre, sitio en el que regularmente los habitantes del sector lo utilizan con fines recreativos. Por último, el tercer punto se ubicó aguas abajo de la Zona de Influencia de los Barrios La Colina Campestre y Cabecera del Llano, detrás de la Estación de Servicio el Molino en el Barrio La Candelaria. Para la georeferenciación se utilizó un GPS eTrex® H. En la figura 1 se muestran los tres puntos en una vista satelital del sector y en la Tabla 6 se describe la georeferenciación de los sitios.

Figura 1. Ubicación de los Puntos de muestreo



Fuente: Google Earth 6.2 / earth.google.com

Tabla 6. Datos de Georeferenciación de los Sitios muestreados

Punto	Nombre	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación (msnm)
1	Bocatoma Acueducto Piedecuesta	1265397	1114992	1105
2	Frente al Barrio La Colina Campestre	1265040	1114683	1102
3	Barrio Candelaria/EDS El Molino	1264378	1114139	1036

3.2 TOMA DE MUESTRAS

Los procedimientos de muestreo se aplicaron de acuerdo con los protocolos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) en Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajadores del Agua (AWWA) en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19ed




Se tomó una muestra puntual en cada uno de los sitios, las muestras fueron tomadas en recipientes especialmente preparados y preservados para tal fin, cambiando el recipiente de acuerdo al parámetro a analizar (ver Tabla 7). Una vez efectuados los muestreos, los envases se preservaron a 4 °C, mediante la utilización de hielo en neveras de icopor, se rotularon y se trasladaron al Laboratorio químico de consultas de la Universidad Industrial de Santander para su análisis definitivo.

Para determinar los parámetros fisicoquímicos en general se tomó la muestra en recipiente plástico de 1 litro y se preservó conservándolo refrigerado a 4°C. Para la determinación de parámetros microbiológicos se tomó la muestra en recipiente de plástico, con capacidad para 100 ml. La muestra para analizar DBO₅ se tomó en frascos de vidrio ámbar, con el fin de evitar acción fotosintética por parte de microalgas que puedan afectar la lectura final.

Durante el monitoreo se tomaron registros In-situ de pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad y Temperatura con un instrumento de medición multiparámetro

DO610: ExStik® II DO/pH/Conductivity Kit debidamente calibrado y verificado en campo con soluciones patrón de pH y conductividad.

Tabla 7. Recipientes utilizados para el muestreo

PARÁMETRO	VOLUMEN	TIPO DE RECIPIENTE	TIPO DE MUESTRA	IMAGEN
Generales (Dureza Total, Alcalinidad Total, DBO ₅ , Sólidos suspendidos)	1 Litros	Plástico	Simple	
DBO ₅ Y DQO	500 ml	Vidrio ámbar	Simple	
Coliformes Fecales Coliformes Totales	100 ml	Plástico	Simple	
T, pH, Sólidos disueltos, Conductividad, Oxígeno Disuelto	Lectura Directa In-Situ			

En las fotografías 1 - 3 se observan los puntos de muestreo. Mientras que en las fotografías 4-18 se presentan la toma de muestra y las mediciones de parámetros in-situ en los diferentes puntos (pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto y Temperatura).

Fotografía 1. Punto 1. 100m aguas arriba Bocatoma del Acueducto.



Fotografía 2. Punto 2. Frente al Barrio La Colina Campestre.



Fotografía 3. Punto 3. Barrio La Candelaria / EDS El Molino.



Fotografía 4. Punto 1. Toma de muestra



Fotografía 5. Punto 1. Bocatoma Piedecuestana de Servicios Públicos



Fotografía 6. Punto 1. Conductividad eléctrica



Fotografía 7. Punto 1. Oxígeno Disuelto



Fotografía 8. Punto 1. pH



Fotografía 9. Punto 1. Toma en recipientes



Fotografía 10. Punto 2. Toma de muestra.



Fotografía 11. Punto 2. Uso recreativo del Río



Fotografía 12. Punto 2. Conductividad eléctrica



Fotografía 13. Punto 2. Oxígeno Disuelto



Fotografía 14. Punto 2. pH



Fotografía 15. Punto 2. Toma en recipientes



Fotografía 16. Punto 3. Toma de muestra



Fotografía 17. Punto 3. Georeferenciación



Fotografía 18. Punto 3. Conductividad eléctrica



Fotografía 19. Punto 3. Oxígeno Disuelto



Fotografía 20. Punto 3. pH



Fotografía 21. Punto 3. Toma en recipientes



3.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Posterior a la toma de muestras, refrigeración y preservación correspondiente, las muestras fueron llevadas al Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander para posterior análisis. La metodología utilizada durante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se expone en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros analizados y protocolos utilizados

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	
Parámetro	Método
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	Titrimétrico / Reflujo cerrado / SM-5220 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	Respirométrico - SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Gravimétrico SM 2540 D
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
Parámetro	Método
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	Filtración por membrana / SM 9222 B
E.coli (UFC/100 MI)	Filtración por membrana / SM 9222 B

3.4 CÁLCULO INDICES DE CONTAMINACIÓN

Los Índices de contaminación se calcularon relacionando los parámetros fisicoquímicos mediante tratamiento matemático a través de de las siguientes fórmulas (Ramírez et al., 2007) y utilizando como herramienta informática el programa ICATEST V 1.0®. Ver Anexos 2, 3 y 4.

3.4.1 Índice de contaminación por materia orgánica, ICOMO. Está definido por la fórmula:

Dónde:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{COL.TOC} + I_{OXIGENO\%})$$

IDBO Índice de DBO

ICOL.TOC Índice de coliformes totales

IOXIGENO% Índice de % de saturación de oxígeno

IDBO: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

IDBO: $-0,05 + 0,70 \text{ Log}_{10} \text{ DBO (mg/L)}$

Valores de DBO mayores a 30 mg/l, tienen un IDBO= 1.

Valores de DBO menores a 2 mg/l, tienen un IDBO= 0.

ICOL.TOC: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

ICOL.TOC: $-1,44 + 0,56 \text{ Log}_{10} \text{ COL.TOC (NMP/100ml)}$

Coliformes Totales mayores a 20.000 (NMP/100ml), tienen un ICOL.TOC = 1.

Coliformes Totales menores a 500 (NMP/100ml), tienen un ICOL.TOC = 0.

IOXÍGENO%: Se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

IOXÍGENO%: $1 - 0,01 \text{ Oxígeno\%}$

3.4.2 Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS. El índice de contaminación por sólidos suspendidos, está relacionado con la concentración de este parámetro, según la siguiente fórmula

:

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 * Sos.Sus$$

Si la concentración de sólidos suspendidos es <10 mg/L, ICOSUS =0

Si la concentración de sólidos suspendidos es >340 mg/L, ICOSUS =1

3.4.3 Índice de contaminación por mineralización, ICOMI. 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:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{CONDUTIVIDAD} + I_{DUREZA} + I_{ALCALINIDAD})$$

ICONDUCTIVIDAD: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

Log10 ICONDUCTIVIDAD: $-3,26 + 1,34 \text{ Log10 CONDUCTIVIDAD (uS/cm)}$

ICONDUCTIVIDAD: $10 \text{ Log10 ICONDUCTIVIDAD}$

Conductividades mayores a 270 uS/cm, tienen un ICONDUCTIVIDAD=1.

IDUREZA: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

Log10 IDUREZA: $-9,09 + 4,40 \text{ Log10 DUREZA (mg/L)}$

IDUREZA: 10 Log10 IDUREZA

Valores de dureza mayores a 110 mg/l, tienen un IDUREZA= 1.

Valores de dureza menores a 30 mg/l, tienen un IDUREZA= 0.

IALCALINIDAD: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

IALCALINIDAD: $-0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad (mg/L)}$

Valores de Alcalinidades mayores a 250 mg/l, tienen un IALCALINIDAD = 1.

Valores de dureza menores a 50 mg/l, tienen un IALCALINIDAD = 0.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 RESULTADOS CALIDAD DEL AGUA

En la Tabla 9 se muestra los resultados obtenidos en fase de campo y laboratorio, teniendo en cuenta los parámetros in-situ, fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla 9. Resultados de la Calidad de Agua en los tres puntos evaluados

PARÁMETROS	Unidades	Bocatoma Piedecuestana de Servicios	Frente a Barrio La Colina Campestre	Barrio La Candelaria / EDS El Molino
Fecha de toma	--	17-may-12	17-may-12	17-may-12
IN - SITU				
Temperatura de la muestra	°C	21,8	21,5	22,1
pH	Unidades	8,14	8,23	8,29
Conductividad	uS/cm	124,4	90,1	87,8
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,79	4,72	5,5
FISICOQUÍMICOS				
Sólidos suspendidos	mg/L	40	20	42
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	64	96	160
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	10	12	16
Alcalinidad Total	mg/L	51,7	47,9	49,8
Acidez	mg/L			
Dureza Total	mg/L	53,1	60,9	56,2
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totales	UFC/100mL	54	150	200
Coliformes fecales	UFC/100mL	34	110	180

Teniendo en cuenta los parámetros evaluados y al comparar con los valores máximos admisibles en el Decreto 1594 de 1984, el agua presente en los tres puntos muestreados en el momento del monitoreo cumplió lo establecido en los parámetros de pH, Coliformes totales y Coliformes fecales para el artículo 38, el cual indica que el agua para ser potabilizada requiere solamente tratamiento convencional para ser destinada como recurso humano y doméstico,

entendiéndose por tratamiento convencional los siguientes procesos: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Para el artículo 42, el cual involucra los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario. Los parámetros pH, Coliformes Totales y Coliformes Fecales no excedieron los límites permisibles, sin embargo el parámetro Oxígeno Disuelto en los tres puntos evaluados se encontró inferior al 70% estipulado en dicho artículo.

En cuanto a la Resolución 2115 de 2007, los parámetros evaluados que excedieron los valores admisibles en los tres puntos de muestreo (ver tabla 5) en el momento del monitoreo fueron: Coliformes Totales y Coliformes fecales. Ya que tal resolución no permite la presencia de Unidades formadoras de colonia de tales microorganismos para la destinación del recurso para consumo humano. Lo anterior es de esperarse dado que la fuente evaluada es de agua cruda; los parámetros Alcalinidad, Dureza y Conductividad se encontraron por debajo de los límites admisibles en la Resolución, ya que estuvieron por debajo de 200 mg/L, 300 mg/L y 1000 μ S/cm respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Índice de Riesgo de la calidad del agua (IRCA) obtenido en los tres puntos de muestreo fue ALTO, por lo tanto, es agua no apta para consumo humano, debido a la formación de colonias de microorganismos que pueden llegar a ser patógenos.

Según los resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos, el agua presente en los tres puntos de muestreo en el momento del monitoreo presentó un nivel de Riesgo Alto teniendo en cuenta el Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA). Lo anterior por la presencia de agentes patógenos causantes de transmisión de enfermedades infecciosas, tales como *Escherichia coli* y demás

géneros, causantes potenciales de enfermedades como cólera, gastroenteritis, salmonelosis, disentería, entre otras.

El pH obtenido en los tres puntos de muestreo fue de carácter básico, ajustándose a los valores admisibles en la normatividad vigente, cabe anotar que los valores de pH en aguas naturales son fluctuantes y varían entre 6,0 y 9,0 en el Neotrópico y éste a su vez depende de la temperatura de la muestra (Roldán et al., 2008).

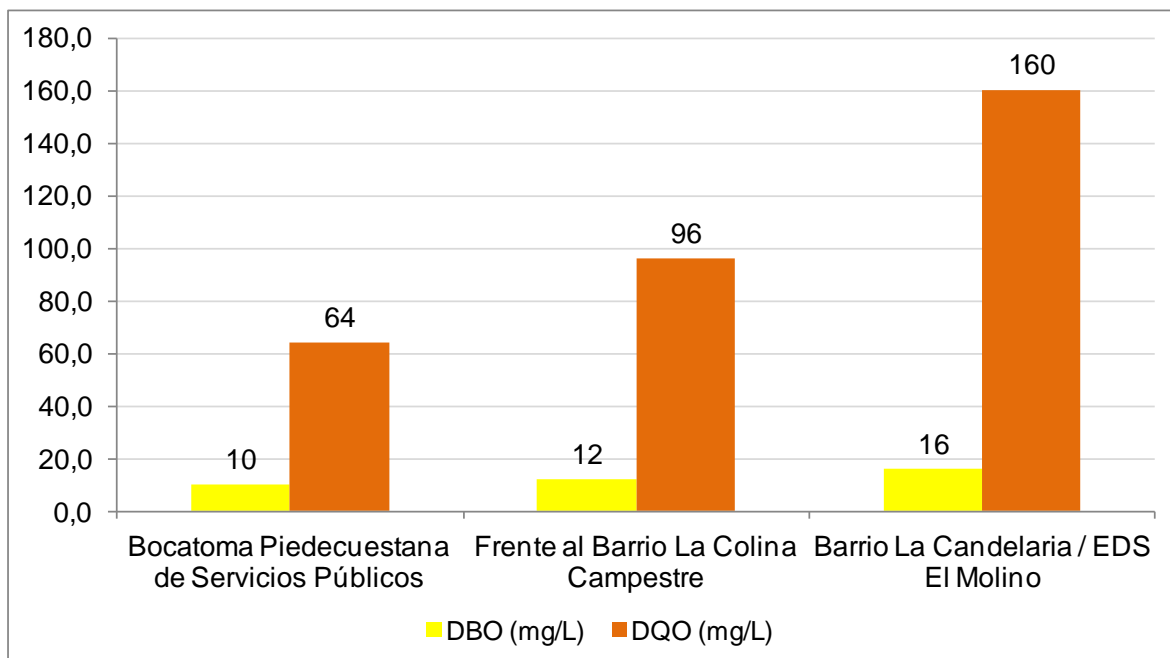
Los valores de Alcalinidad Total encontrados en los tres puntos de muestreo, presentaron similitudes; 51,7 mg/L en la Bocatoma, 47,9 mg/L frente al Barrio La Colina Campestre y 49,8 mg/L aguas abajo del área de influencia de dicho barrio en inmediaciones de la EDS El Molino en el Barrio La Candelaria. Teniendo en cuenta los rangos de alcalinidad (Kevern., 1989) los puntos de muestreo presentaron una alcalinidad baja, lo anterior indica que en el momento del monitoreo hubo baja presencia de carbonatos y bicarbonatos en el agua. Como dato interesante, se ha reportado que concentraciones de Alcalinidad que oscilan entre 25 mg/L y 100 mg/L no conllevan peligro de mortalidad y permiten fertilidad mediana a nivel de ictiofauna. (Roldán et al., 2008).

La conductividad encontrada fue baja, ya que los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo oscilaron entre 87,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 124,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual indica que el agua analizada en el momento del monitoreo presentó un contenido de sales disueltas bajo, que la hace aceptable según la Resolución 2115 de 2007.

Las concentraciones de Dureza obtenidas presentaron valores similares. Dado que no superaron los 75 mg/L CaCO_3 , se consideran con grado de dureza blanda (ver Tabla 1) o biológicamente poco productivas.

En la figura 2 se muestra los valores de DBO_5 y DQO para los puntos de muestreo evaluados.

Figura 2. Niveles de DBO₅ y DQO en los puntos de muestreo.



Al tener en cuenta las concentraciones obtenidas del parámetro DBO₅ el cual determina la cantidad de materia orgánica biodegradable, los tres puntos de muestreo presentaron valores que catalogan el tipo de agua en el momento de muestreo, de calidad Aceptable, con indicio de contaminación pero con capacidad de autodepuración, dado que las concentraciones obtenidas se encontraron en el rango de 6-30 mg/L.

Sin embargo, Las concentraciones de DQO obtenidos en las muestras analizadas fueron elevadas, los valores encontrados fueron de 64 mg/L en la Bocatoma del acueducto, 96 mg/L al frente del Barrio La Colina Campestre, y 160 mg/L en el Barrio La Candelaria. Según esto la calidad del agua en el momento del muestreo fue contaminada, es decir fue agua superficial afectada por descargas residuales posiblemente con contenido de compuestos recalcitrantes dada la relación de DBO₅/DQO.

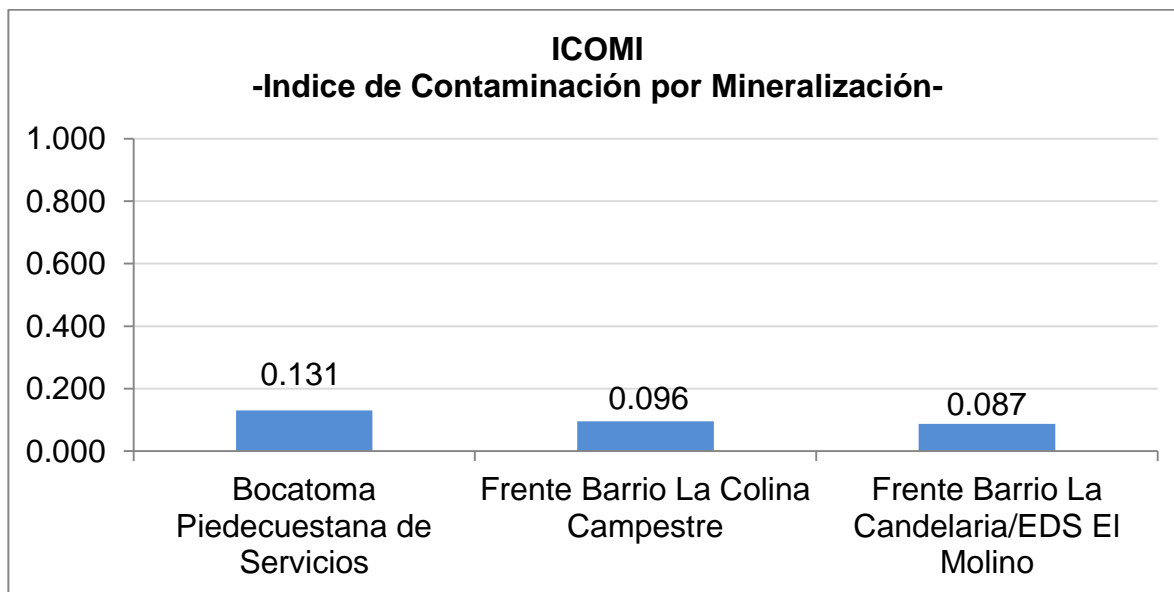
El problema radica en que los compuestos recalcitrantes pueden bioacumularse y ser originarios de actividades industriales o ser provenientes de compuestos utilizados en la agricultura para controlar hongos o plagas. Muchas sustancias sintéticas no son biodegradables o lo hacen lentamente y se almacenan por periodos de tiempo largos ocasionando efectos tóxicos (Roldan et al, 2002)(Mezzanotte et al, 2005).

4.2 RESULTADOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Los rangos de valoración de los índices de Contaminación se muestran en la Tabla 3.

Los valores de los Índices de Contaminación (ICOMI, ICOMO e ICOSUS) se encuentran en las figuras 3, 4 y 5.

Figura 3. ICOMI para los sitios muestreados

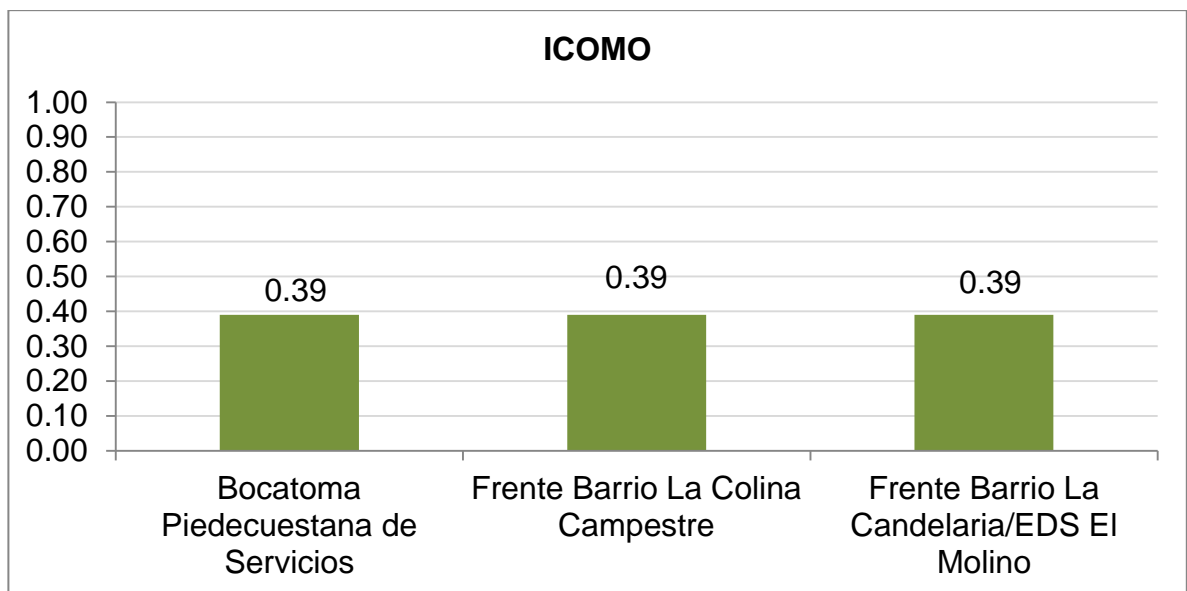


En la Figura 3 se presentan los valores obtenidos para el Índice de contaminación por mineralización en los tres puntos evaluados. Dichos valores mostraron niveles

de contaminación Muy Bajos. De ahí que las barras sean sombreadas de color azul. (Ramírez et al, 1997).

Es decir que las concentraciones de carbonatos, bicarbonatos, sales disueltas fueron bajas, catalogando el tramo del río como biológicamente poco productivo. (Roldán et al., 2008).

Figura 4. ICOMO para los sitios muestreados

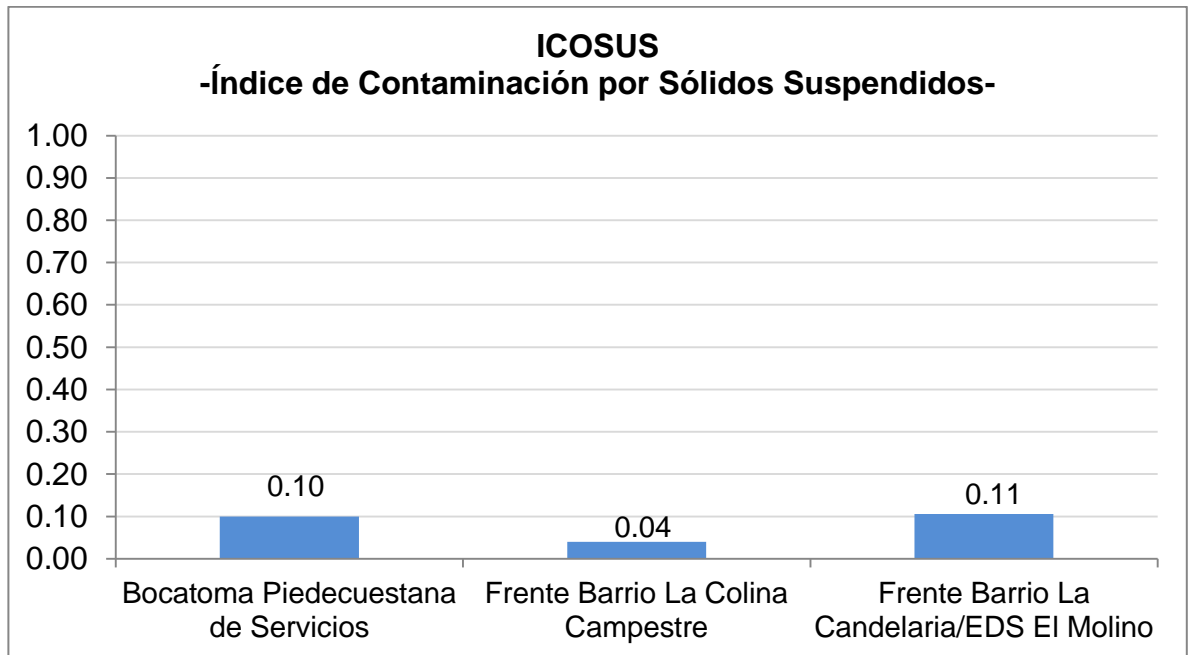


En la Figura 4 se presentan los valores obtenidos para el Índice de contaminación por materia orgánica en los tres puntos evaluados. Dichos valores mostraron niveles de contaminación Bajos, aunque muy cercanos al nivel Medio de contaminación. De ahí que las barras sean sombreadas de color verde. (Ramírez et al, 1997).

Lo anterior indica que los valores de DBO_5 , Coliformes y Oxígeno Disuelto nos muestran un tramo del río con indicios de contaminación pero con capacidad de autodepuración. De las tres variables quien más aportó a dicho dictamen según los subíndices obtenidos fue la DBO_5 , (ver anexos 2, 3 y 4). Dado que en el tramo

muestreado aún no se encuentran vertimientos urbanos y suburbanos, el origen de la contaminación puede ser por vertimientos domésticos aguas arriba de la zona estudiada, e incluso por el arrojado de basuras en la zona litoral del cuerpo de agua.

Figura 5. ICOSUS para los sitios muestreados



En la Figura 5 se presentan los valores obtenidos para el Índice de contaminación por sólidos suspendidos en los tres puntos evaluados. Dichos valores mostraron niveles de contaminación Muy Bajos. De ahí que las barras sean sombreadas de color azul.(Ramírez et al, 1997).

Lo anterior indica que en el momento del monitoreo, la contaminación proveniente de la erosión de los suelos o actividades agrícolas que generan un mayor enturbiamiento del agua y por ende una disminución de la actividad fotosintética no fue relevante en el estudio.

Es importante recordar que los sólidos suspendidos determinan en gran parte el color aparente del agua y determina la franja aeróbica y fotosintética de un cuerpo de agua, a su vez es un parámetro que se encuentra estrechamente relacionado con la turbidez

5. CONCLUSIONES

El Tramo del Río de Oro estudiado cumplió con los valores admisibles para la destinación del recurso para uso doméstico en los parámetros analizados, es decir para tal fin, dicha agua requiere sólo tratamiento convencional.

Los parámetros microbiológicos no excedieron los límites establecidos para el uso de recurso con fines recreativos en contacto primario.

Al evaluar los tres índices de contaminación, quien tuvo mayor prevalencia fue la contaminación originada por materia orgánica biodegradable, acercándose a valores medios de contaminación.

La valoración obtenida en contaminación por Sólidos suspendidos y mineralización no fue relevante dado que los niveles de contaminación resultante fueron muy bajos.

Los altos valores de DQO (no tenidos en cuenta en el cálculo de los ICO's) en comparación con los valores de DBO_5 , indican la posible afección del cuerpo de agua por parte de materia orgánica no biodegradable (Compuestos recalcitrantes), los cuales son resistentes a la descomposición microbiana. Lo anterior indica afección antropogénica directa en la zona de estudio, ya que aumenta a medida que se prolonga el cauce del Río.

El uso de parámetros in situ, son una herramienta clave para calcular los índices de contaminación, para de ésta forma obtener información sobre la calidad de un determinado cuerpo de agua y su grado de contaminación.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda con base en los datos y los resultados obtenidos realizar monitoreos que evalúen un tramo mayor del río de Oro, principalmente en la cuenca alta, ya que según información extraída de medios de comunicación locales (<http://www.vanguardia.com/historico/47626-las-quebradas-mas-contaminadas-de-piedecuesta>) se estima que al menos 280 litros de aguas negras caen por segundo al río de oro desde la parte alta del sector de Piedecuesta hasta el sector urbano, lo cual es de vital interés ya que de ésta fuente se surte el municipio para la preparación de agua potable.

Es necesario identificar las fuentes de contaminantes no biodegradables, dado que el tramo del Río estudiado según las relaciones DBO_5 / DQO indican la presencia de dichos contaminantes que pueden resultar tóxicos y que deben su origen a diferentes tipos de vertimientos o por el uso de herbicidas.

La evaluación de una mayor cantidad de parámetros fisicoquímicos en diferentes épocas del año, con el fin de tener un seguimiento en la fluctuación de las concentraciones.

BIBLIOGRAFÍA

ALBA-TERCEDOR, j., SANCHEZ., 1988. Un método rápido y Simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell.

BEYENE, A., Addis, T., KIFLE, D., Legesse, W., KLOOS, H., Triest, L., 2009. Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. *Ecological Indicators* (9), 381-392.

CAMARGO, J., Alonso, A., 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas* 16 (2), 98-110.

FERNANDEZ, N., Ramos, J., Solano, F. ICATest v 1.0.0.44. Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. Centro de Hidroinformática. Instituto de Ciencias Naturales y Biotecnología. Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad de Pamplona.

HAJI SHAH, M., HAJY SHAH, S., 2008. Using algae as bioindicators for determining of water pollution resulted from aquaculture discharge in Karun River. *Toxicology Letters* (180), 532-546.

HERNANDEZ, L., Saltarín, D., GUZMÁN, J., GÓMEZ, S., DONADO., 2008. Estación hidrométrica automática en la cuenca del Río de Oro. XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología – Sociedad Colombiana de Ingenieros.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J., KANTZARIS, V., KATHARIOS, P., KASPIRIS, P., GEORGIADIS, Th., MONTESANTOU, B., 2003. An application of different

bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological Indicators* (2), 345-360.

KEVERN, N., ELLIOT, R., FLAHERTY, M., JENNINGS, H., 1989. A limnological survey of paradise lake, Emmett and Cheboygan counties. Department of Fisheries and Wildlife, Michigan State University.

KIRETA, A., REAVIE, E., Sgro, G., ANGRADI, T., Bolgrien, D., Hill, B., Jicha, T., 2012. Planktonic and periphytic diatoms as indicators of stress on great rivers of the United States: Testing water quality and disturbance models. *Ecological Indicators* (13), 222-231.

LI, Y., MIGLIACCIO, K., 2010. *Water Quality Concepts, Sampling, and Analyses*. CRC Press 2010.

MCGHEE, T., 1999. *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado Ingeniería Ambiental*. Edit. Mc Graw Hill. 6 Edición.

MEZZANOTTE, V., CANZIANI, R., SARDI, E., SPADA, L., 2005. Oxidation of recalcitrant compounds. Dipartimento di Scienze dell' Ambiente e del Territorio, Università degli Studi di Milano Bicocca, P. della Scienza.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G., 1997. Cuatro Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. *CT&F* (1). Num.3.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R., CARDEÑOSA, M., 1999. Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación. *CT&F* (1). Num.5.

RIMET, F., BOUCHEZ, A., 2011. Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: Lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators* (11), 489-499.

ROLDÁN, G., 2008. *Fundamento de Limnología Neotropical*. Edit. Universidad de Antioquia. 2 Edición.

ROMERO, S., GARCÍA, G., VALDEZ, B., VEGA, M., 2010. Calidad del Agua para actividades recreativas del Río Hardy en la región fronteriza México-Estados Unidos. *Información Tecnológica* vol.21 (5), 69-78.

SAMBONI, N., CARVAJAL, Y., ESCOBAR, J., 2007. Revisión de Parámetros Fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación* (27). 172-181.

STERLING, E., VINTINNER, E., 2008. How much is left? An overview of the crisis. In *water Consciousness – How we all have to change to protect our most critical resource*. Ed T. Lohan. San Francisco: AlterNet books.

TIEN, Ch., 2004. Some aspects of water quality in a polluted lowland river in relation to the intracellular chemical levels in planktonic and epilithic diatoms. *Water Research* (38), 1779-1790.

VIEIRA, J., FONSECA, A., VILAR, V., BOAVENTURA, R., BOTELHO., C., 2012. Water quality in Lis river, Portugal. *Environ monit assess*.

WELCH, E.B., LINDELL, T., 2004. *Ecological Effects of Wastewater Applied limnology and pollutant effects*. Taylor & Francis e-Library

ANEXOS

ANEXO 1: Informe de Resultados de los Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 1 de 4	



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas



Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano

Informe de resultados No.	12-250	Fecha de emisión:	Mayo 25 de 2012
Cliente:	JAVIER ANAYA ACEVEDO		
Dirección del cliente:	Calle 5b No 16 – 17 Piedecuesta		
Solicitud de servicio No.	12-263	No. de muestras:	03
Fecha de recepción de las muestras:	Mayo 17 de 2012		
Muestras recibidas por:	Yolanda Vargas		
Fecha de análisis:	Mayo 17 de 2012 – Mayo 25 de 2012		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-263-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	100m Aguas Arriba 1		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Piedecuesta / 100m Aguas Arriba 1 Bocatoma Acueducto		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	64	Titrimétrico / Reflujo Cerrado / SM -5220 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	10	Respirométrico – SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	53,1	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	51,7	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	40	Gravimétrico/ SM 2540 D

1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	180	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	54	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	34	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 4	

Informe de resultados No. 12-250 Solicitud de servicio No. 12-263

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-263-02	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Tramo Río Frente Colina Campestre 2		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Piedecuesta / Zona de influencia Barrio la Colina		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	96	Titrimétrico / Reflujo Cerrado /SM -5220 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	12	Respirométrico – SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	60,9	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	47,9	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	20	Gravimétrico/ SM 2540 D

2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	300	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	150	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	110	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 4	

Informe de resultados No. 12-250 Solicitud de servicio No. 12-263

3. ANALISIS FISICOQUIMICO



Codificación de la Muestra:	12-263-03	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Aguas Abajo 3		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Piedecuesta / Frente Barrio Candelaria		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	160	Titrimétrico / Reflujo Cerrado /SM -5220 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	16	Respirométrico – SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	56,2	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	49,8	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	42	Gravimétrico/ SM 2540 D

2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	450	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	200	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	180	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465, Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqi/> E-mail: laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 4 de 4	

Informe de resultados No. 12-250 Solicitud de servicio No. 12-263

Observaciones: *Ninguna*

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:


Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora del Laboratorio
Química. Msc Química UIS
MP PQ 1144

Elaboró: *Johanna Riveros*

ANEXO 2: Reportes de Parámetros Físicoquímicos según programa ICA TEST V1.0

Para el punto No. 1 (Bocatoma Piedecuestana de Servicios Públicos)



ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

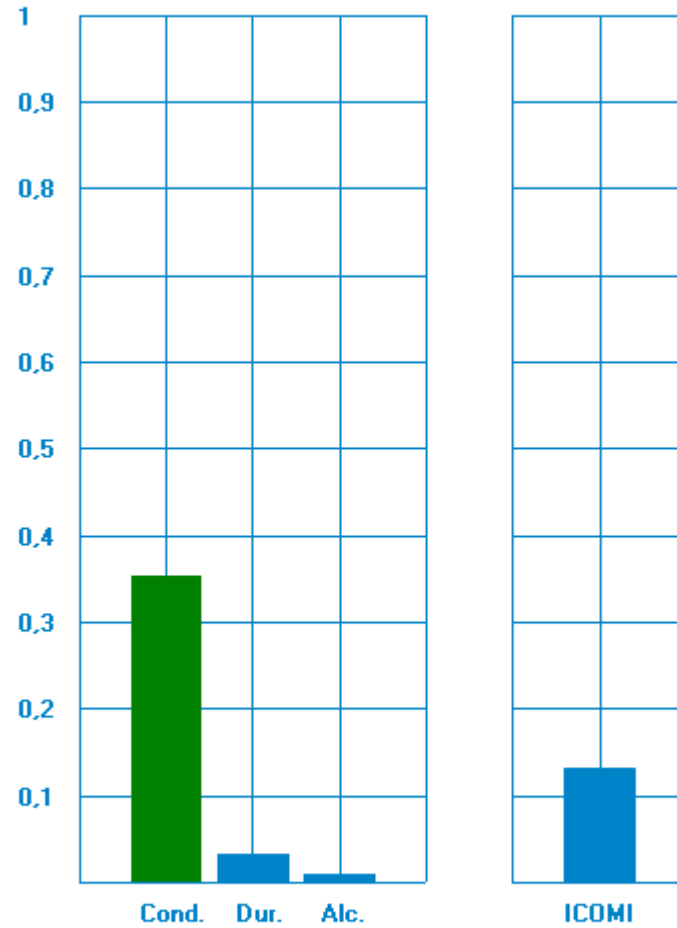
Fecha: 17/05/2012
Hora: 10:40:00 a.m.
Lugar: Bocatoma Piedecuestana de Servicios Públicos
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,131
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	124,4	0,352
Dureza	53,1	0,032
Alcalinidad	51,7	0,009

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMI



Índice calculado sobre la base de 3 parámetros

■ Ninguno ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy Alto



ICATest v1.0 - Reporte ICOMO

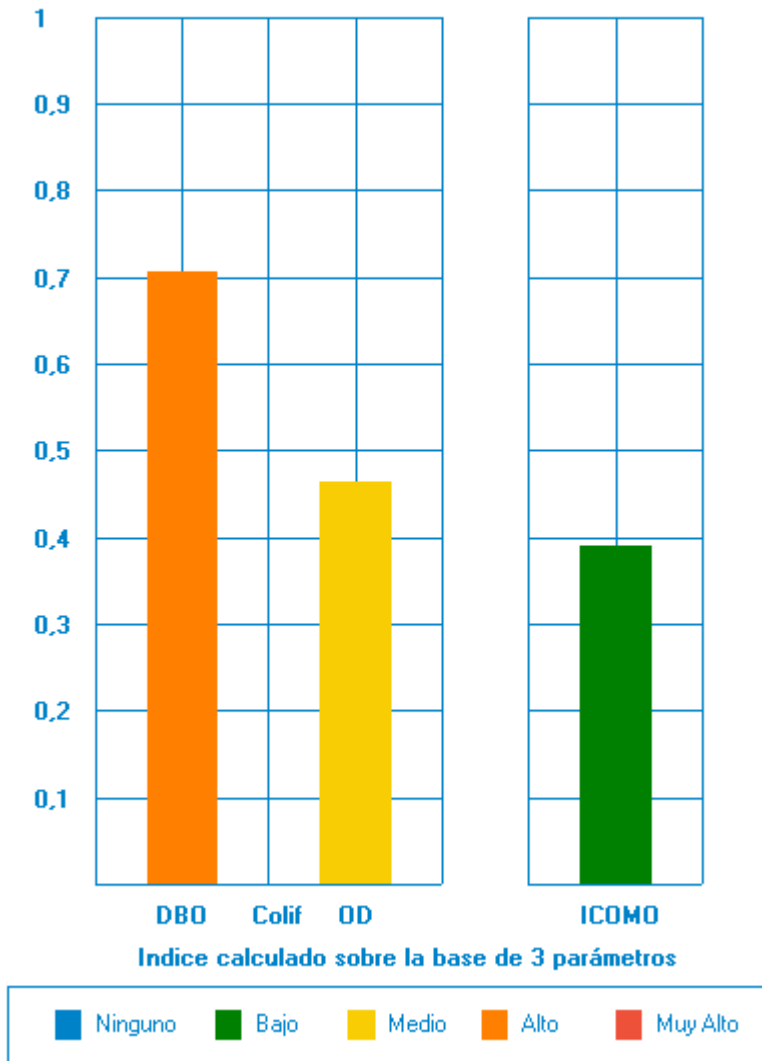
Fecha: 27/05/2012
Hora: 10:43:12 a.m.
Lugar: Bocatoma Piedecuestana de Servicios Público
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,39
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Bajo
Rango: 0,2 - 0,4
Color: Verde

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	12	0,705
Coliformes fecales	54	0
Oxígeno disuelto	53,64	0,464

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMO





ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS

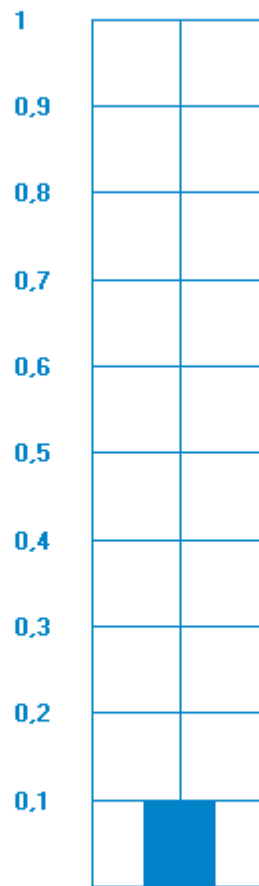
Fecha: 17/05/2012
Hora: 10:40:00 a.m
Lugar: Bocatoma Piedecuestana de Servicios Públicos
Analista: Javier Anaya

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

Detalles:

Parámetro	Resultado
Sólidos totales	40

ICATEST v1.0
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Indice = 0.1



ANEXO 3. Reportes de Parámetros Fisicoquímicos según programa ICA TEST V1.0

Para el punto No. 2 (Frente al Barrio la Colina Campestre)



ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

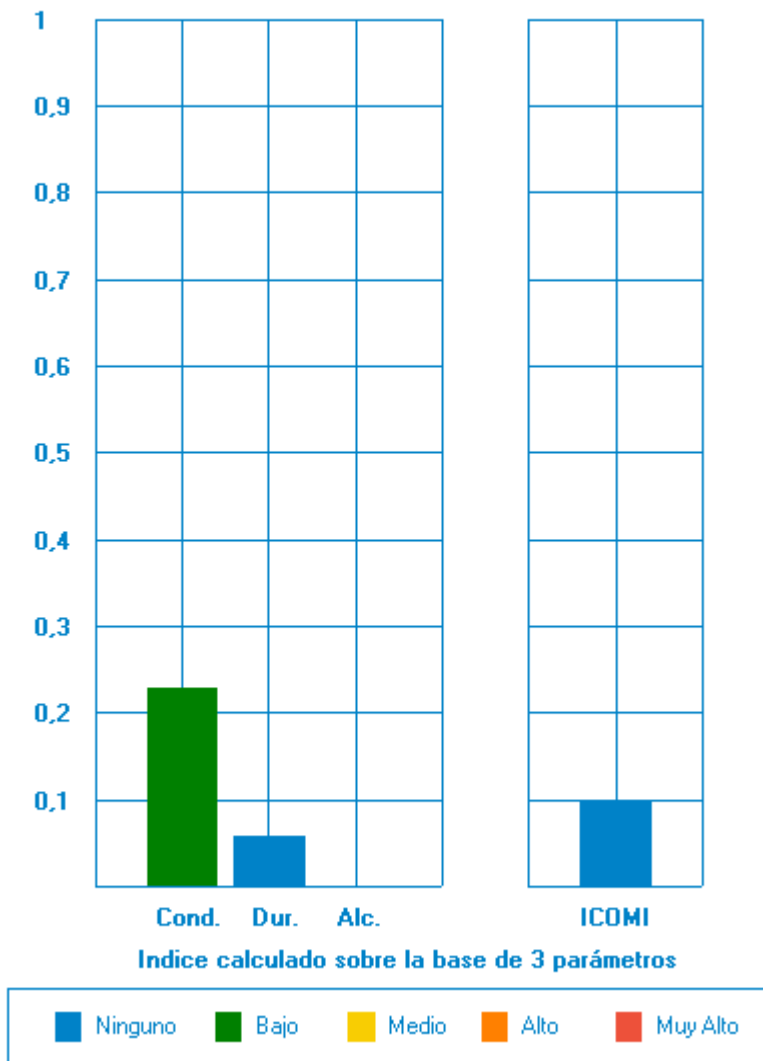
Fecha: 17/05/2012
Hora: 11:49:00 a.m.
Lugar: Frente al Barrio La Colina Campestre
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,096
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	90,1	0,229
Dureza	60,9	0,058
Alcalinidad	47,9	0

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMI





ICATest v1.0 - Reporte ICOMO

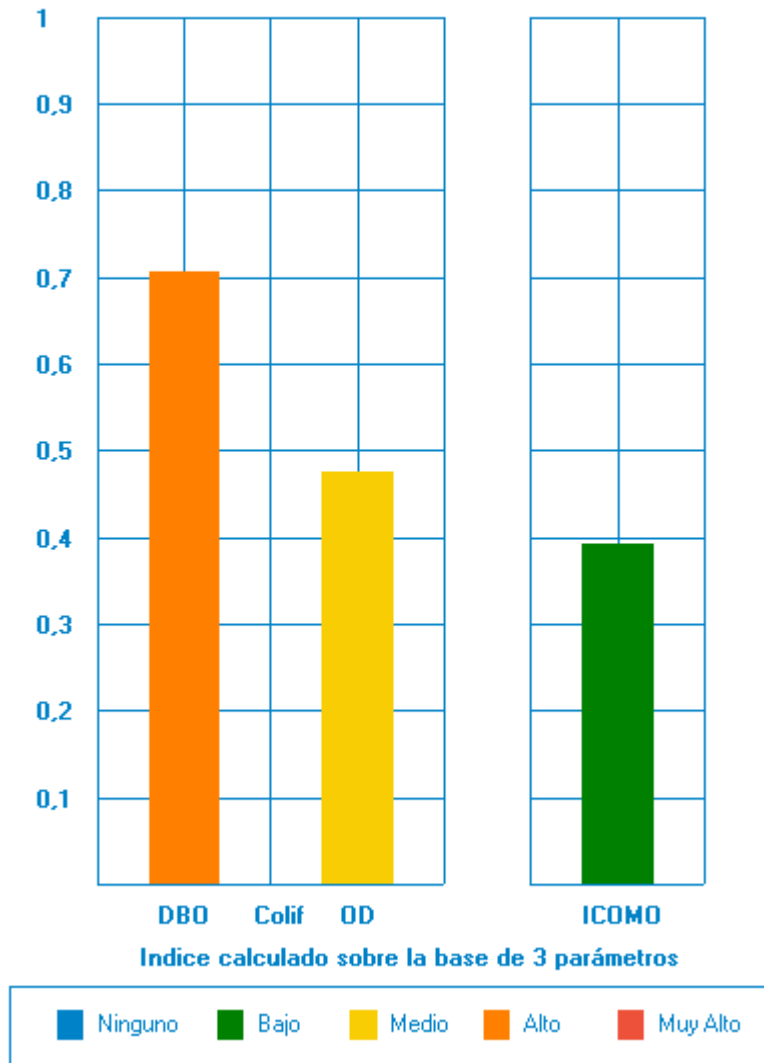
Fecha: 17/05/2012
Hora: 11:49:00 a.m.
Lugar: Frente al Barrio La Colina Campestre
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,393
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Bajo
Rango: 0,2 - 0,4
Color: Verde

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	12	0,705
Coliformes fecales	150	0
Oxígeno disuelto	52,5	0,475

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMO





ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS

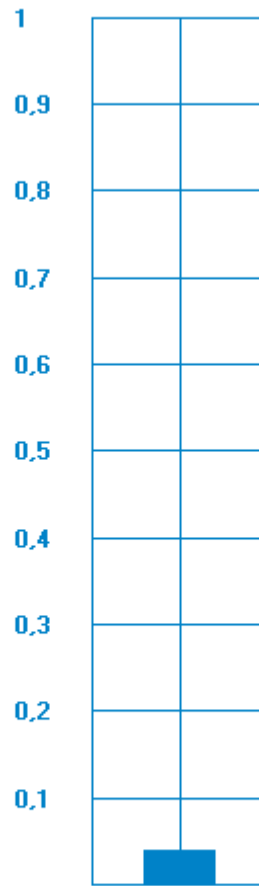
Fecha: 17/05/2012
Hora: 11:49:00 a.m
Lugar: Frente al Barrio La Colina Campestre
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,04
Número de parámetros: 1
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
Sólidos totales	20

ICATEST v1.0
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Índice = 0,04



**ANEXO 4. Reportes de Parámetros Fisicoquímicos según programa ICA
TEST V1.0**

Para el punto No. 3 (Barrio la Candelaria/EDS El Molino)



ICATest v1.0 - Reporte ICOMI

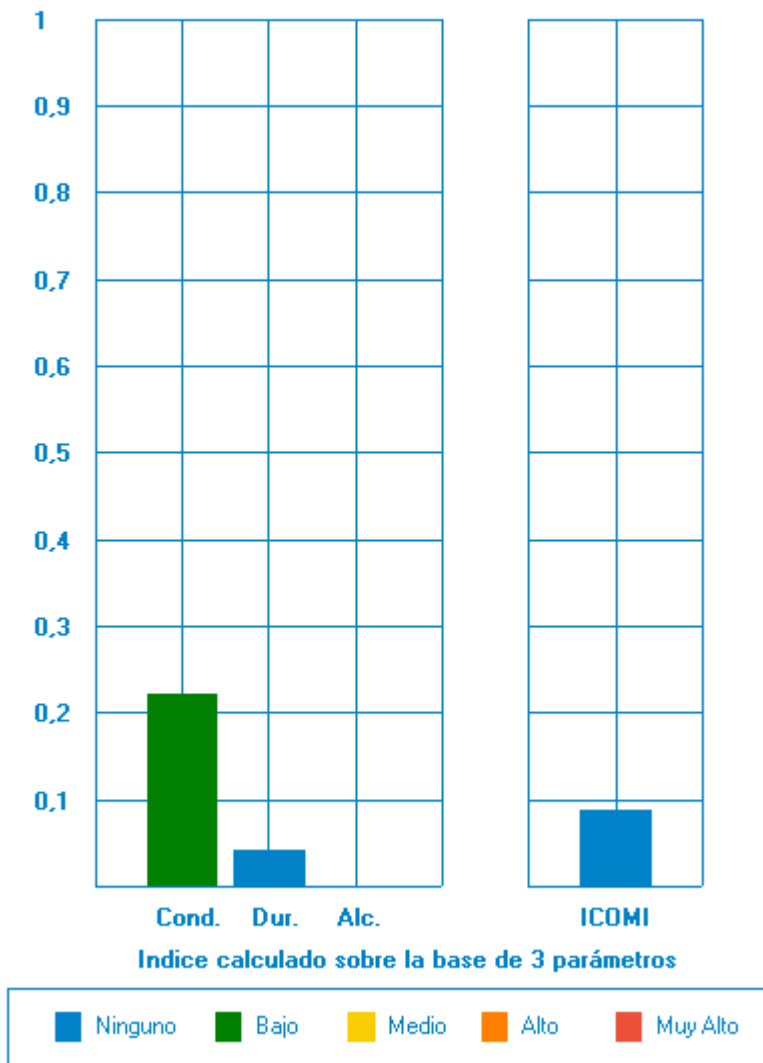
Fecha: 17/05/2012
Hora: 11:49:00 a.m.
Lugar: Barrio La Candelaria / EDS El Molino
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,087
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	87,8	0,221
Dureza	56,2	0,041
Alcalinidad	49,8	0

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMI





ICATest v1.0 - Reporte ICOMO

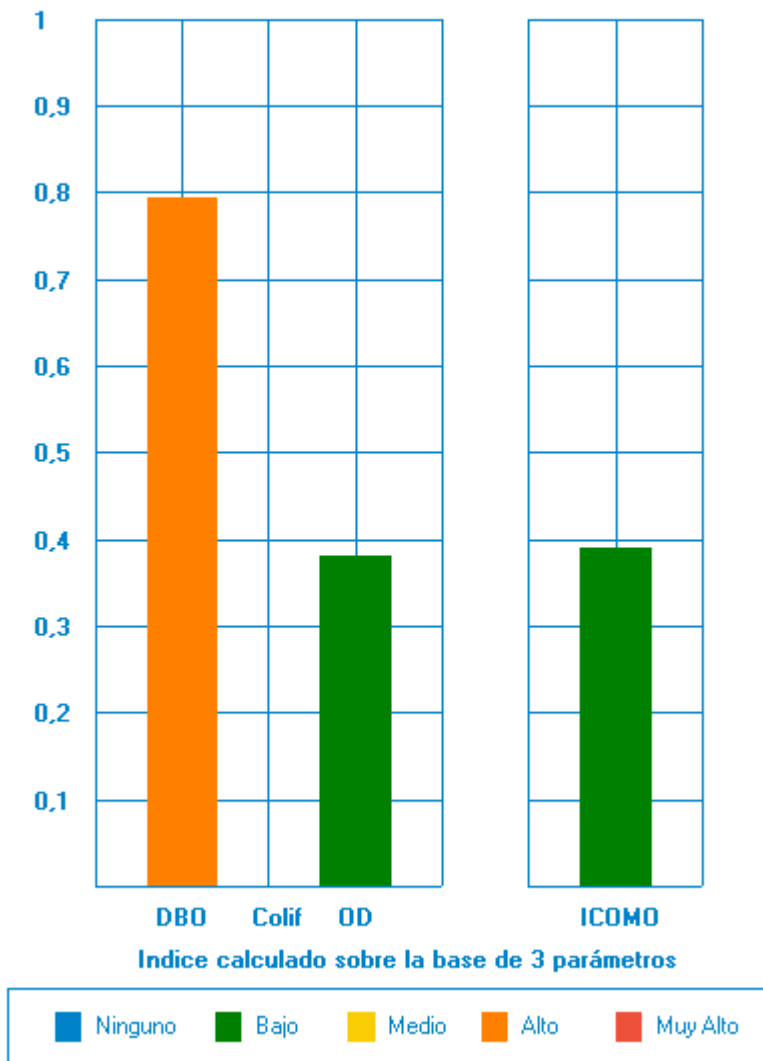
Fecha: 17/05/2012
Hora: 11:49:00 a.m.
Lugar: Barrio La Candelaria / EDS El Molino
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,391
Número de parámetros: 3
Grado de contaminación: Bajo
Rango: 0,2 - 0,4
Color: Verde

Detalles:

Parámetro	Resultado	Subíndice
DBO	16	0,793
Coliformes fecales	200	0
Oxígeno disuelto	62	0,38

ICATEST v1.0 Subíndices e Índice ICOMO





ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS

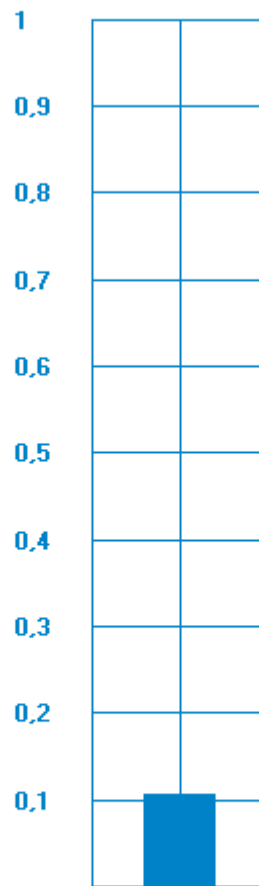
Fecha: 17/05/2012
Hora: 02:00:00 p.m
Lugar: Barrio La Candelaria / EDS El Molino
Analista: Javier Anaya

Valor del índice: 0,106
Número de parámetros: 1
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

Parámetro	Resultado
Sólidos totales	42

ICATEST v1.0
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Indice = 0,106

