	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. i(113)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL
DIRECTOR	PABLO ALBERTO HERRERA
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DEL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CAÑO CRISTO COMO FUENTE RECEPTORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VIA PUERTO MOSQUITO EN AGUACHICA, CESAR

RESUMEN
(70 palabras aproximadamente)

LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CAÑO CRISTO ES DE GRAN IMPORTANCIA YA QUE DETERMINA LOS VALORES DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA Y MICROBIOLÓGICA QUE PRESENTA EL RECURSO HÍDRICO GENERADO POR LA INTERVENCIÓN ANTRÓPICA QUE EJERCE PRESIÓN EN EL AFLUENTE ESTUDIADO, ESTE SE CONSIDERA DE ALTO RIESGO DEBIDO A LA GENERACIÓN DE MALOS OLORES. IDENTIFICANDO LOS PUNTOS DE VERTIMIENTOS QUE LLEGAN AL CAÑO, SE REALIZO EN DOS PERIODOS, UN PERIODO LLUVIOSO Y UN PERIODO SECO

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 114	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
---------------------	----------------	-----------------------	------------------



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



EVALUACIÓN DEL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CAÑO CRISTO COMO
FUENTE RECEPTORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
VÍA PUERTO MOSQUITO EN AGUACHICA, CESAR.

Julieth Paola Uribe Serrano

Código: 160641

Trabajo de grado bajo la modalidad de pasantía presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Ambiental.

Director

Pablo Alberto Herrera

Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTADER OCAÑA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Abril de 2017.

Índice

Introducción	vii
Capítulo 1. Evaluación del índice de la Calidad del Agua del caño Cristo como fuente receptora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, vía Puerto Mosquito en Aguachica, Cesar	1
1.1 Descripción breve de la empresa.....	1
1.1.1. Misión.	2
1.1.2 Visión.....	3
1.1.3 Objetivo de la Empresa.....	3
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.	5
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia a la cual fue asignado	13
1.2.1 Planteamiento del problema..	16
1.3 Objetivos de las pasantías	18
1.3.1 objetivo general.	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar	19
Capítulo 2. Enfoques referenciales	20
2.1 Enfoque conceptual	20
2.1.1 Calidad del agua..	20
2.1.2 Efluente.....	22
2.1.3 Parámetros microbiológicos en el agua.	27
2.1.4 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.....	28
2.2 Marco legal.....	30
Capítulo 3. Informe del cumplimiento del trabajo	32
3.1 Presentación de resultados	32
3.1.1 Identificar los vertimientos puntuales sobre el caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar	32
3.1.1.1 Recopilación de información referente a la cobertura de alcantarillado..	32
3.1.1.2 Revisión de los planos de la red de alcantarillado.....	36
3.1.1.3 Recorrido por el caño Cristo desde su nacimiento hasta 100 metros abajo de los vertimientos del STAR Puerto Mosquito.	37

3.1.1.4 Realización del inventario georreferenciado de los vertimientos puntuales del caño Cristo con el acompañamiento del jefe operativo.	39
3.1.2 Analizar la calidad del agua mediante el cálculo de los índices; ICA, ICOSUS, ICOMO, ICOMI del Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar.	41
3.1.2.1 Selección y georreferenciación de los puntos de toma de muestra.. . . .	41
3.1.2.2 Toma y recolección de muestras.. . . .	41
3.1.2.3 Análisis de muestras en el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.	43
3.1.2.4 Análisis e interpretación de resultados de los muestreos.. . . .	44
3.1.2.4.1 pH.	47
3.1.2.4.2 Coliformes Totales y Fecales.. . . .	48
3.1.2.5 Realizar cálculos mediante ecuaciones de los índices.	49
3.1.2.5.1 Índice de calidad del agua (WQI-NSF).	53
3.1.2.5.2.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).	59
3.1.2.5.2.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).	60
3.1.2.5.2.3 Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	61
3.1.3 Proponer alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica, Cesar.	62
3.1.3.1 Elaboración de propuesta de alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos.	62
Capítulo 4. Diagnostico final	66
Capítulo 5. Conclusiones	68
Recomendaciones	70
Referencias.	71
Apéndices.	72

Listado De Tablas

Tabla 1. MATRIZ DOFA	13
Tabla 2. Descripción de actividades.	19
Tabla 3. Número de suscriptores a 31 de diciembre del 2015	33
Tabla 4. Vertimientos puntuales del caño Cristo	40
Tabla 5. Ubicación y georreferenciación de los puntos de muestreo	41
Tabla 6. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 1: Efluente STAR	44
Tabla 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 2: 100 metros aguas abajo STAR.	45
Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 3: 100 metros aguas arriba STAR	46
Tabla 9. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua.	50
Tabla 10. Índice de calidad del agua WQI-NSF y parámetros de calidad en los puntos muestreados.	54
Tabla 11. Valor ICOMI en los puntos de muestreo y diferentes periodos climáticos.	59
Tabla 12. Valor ICOMO en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos.	60
Tabla 13. Valor ICOSUS en las estaciones de muestreo y diferentes periodos climáticos.	61

Lista de Figuras

Figura 1. Organigrama de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica	5
Figura 2. Vertimientos de viviendas sobre el caño Cristo.	35
Figura 3. Plano general de la red de alcantarillado del municipio de Aguachica.	37
Figura 4. Señalización de los puntos de Vertimientos desde su inicio, hasta su terminación.	38
Figura 5. Puntos de vertimientos encontrados.	39
Figura 6. Caño cristo en el periodo de lluvioso.	42
Figura 7. Caño Cristo en el periodo de sequía.	43
Figura 8. Valores de pH registrados en los puntos de muestreo.	47
Figura 9. Valores de coliformes totales registrados en los puntos de muestreo	49
Figura 10. Comportamiento del índice WQI-NSF en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.	55
Figura 11. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de Efluente STAR.	56
Figura 12. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de 100 metros aguas abajo STAR.	57
Figura 13. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de 100 metros aguas arriba STAR.	58
Figura 14. Comportamiento del índice ICOMI en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.	59
Figura 15. Comportamiento del índice ICOMO en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.	60
Figura 16. Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.	62
Fig. 17 Diagrama general de los objetivos de la biotecnología	65

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Puntos de Muestreo	73
Apéndice 2. Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio	74
Apéndice 3. Resultados de Laboratorio	75
Apéndice 4. Reportes ICA WQI-NSF	87
Apéndice 5. Reportes Índices ICOs	90
Apéndice 6. Registro fotográfico del recorrido por el cauce del caño Cristo.	99

Introducción

La evaluación de la calidad del agua del caño Cristo es de gran importancia ya que determina los valores de contaminación orgánica y microbiológica que presenta el recurso hídrico generado por la intervención antrópica que ejerce presión en el afluente estudiado, este se considera de alto riesgo debido a la generación de malos olores. Como consecuencia de este impacto negativo, se ha visto afectada la población que habita alrededor del caño Cristo, puesto que el grado de contaminación que tiene esta corriente de agua los afecta de forma directa. En el cual se identificaron los puntos de vertimientos que llegan al caño Cristo.

Se llevó a cabo en dos periodos, un periodo lluvioso y un periodo seco; la toma de muestras, ubicación de los puntos de muestras, análisis de laboratorio y la respectiva comparación de los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros estudiados con la normatividad ambiental colombiana decreto 1594/1984 y aplicación de los índices de calidad de agua (ICA) WQI-NSF E (ICOS), mediante la implementación del software ICATest v1.0 esto con el fin de estimar las variaciones de los resultados.

Capítulo 1. Evaluación del índice de la Calidad del Agua del caño Cristo como fuente receptora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, vía Puerto Mosquito en Aguachica, Cesar.

1.1 Descripción breve de la empresa

El primer asentamiento humano de Aguachica existió en terrenos aledaños al sitio donde hoy funciona la planta de tratamiento del acueducto, por la vía que conduce al caserío de la Yegüerita. Más tarde cuando el pueblo fue creciendo, las autoridades pensaron en construir su primer acueducto, y fue así que por medio de tuberías de hierro trajeron el agua desde la quebrada Buturama y la depositaban en una alberca grande en un sitio que quedo en donde hoy funciona la parte alta del barrio María Eugenia, en terrenos del señor Adriano Yaruro. El líquido llegaba a las casas como venía de la quebrada, y en tiempos de invierno los habitantes le echaban un pedazo de lo que ellos llamaban Clorón para aclarar el agua. Este producto químico es lo que hoy se conoce como sulfato de aluminio.

Posteriormente las tuberías de hierro se fueron reemplazando por las de asbesto cemento y fueron ampliando las redes. Las autoridades más recientes fueron pensando en el tratamiento del agua y fue así, como en el año 1983 se inauguró la planta de tratamiento, desde esta fecha se comenzó a procesar el precioso líquido y la población a gozar de un servicio de agua clara y apta para el consumo humano.

En su aspecto jurídico se conoció inicialmente como acueducto municipal regido por una

junta directiva y un administrador, más tarde por acuerdo al concejo municipal se transformó en las empresas municipales, posteriormente el acueducto paso a manos del departamento y se conoció la empresa con el nombre de EMPOCESAR, nuevamente al disolverse la empresa departamental paso a manos del municipio y se conoció con el nombre de EMPOAGUACHICA, regida también por una junta directiva y con un gerente a su cabeza. Con la aparición de la ley 142 de 1994 el ente municipal se transformó en una empresa industrial y comercial del estado cuya razón social es actualmente Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P.

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P cuenta en su estadística con un total de dieciséis mil cuatrocientos (16.400) suscriptores de acueducto y quince mil cuatrocientos (15.400) de alcantarillado, la prestación del servicio se da por el sistema de racionamiento, esto debido a fugas, los fraudes y el mal uso que los usuarios le dan al agua.

Actualmente se adelantan las obras de optimización del acueducto y alcantarillado para mejorar la continuidad del servicio y lograr un 100% de cobertura. La finalidad de la empresa es que un tiempo no muy lejano prestar el servicio las 24 horas del día.

1.1.1. **Misión.** “Somos una empresa dedicada a la organización y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Aguachica Cesar, para satisfacer las necesidades de los clientes con oportunidad, eficiencia, continuidad y calidad en niveles de excelencia, generando como valores agregados constante, el fomento del crecimiento socioeconómico sostenible de la zona urbana con responsabilidad social

empresarial, mediante la gestión del talento humano, los recursos físicos y la modernización tecnológica que garantice bajo principios y valores éticos la sostenibilidad económica, financiera y ambiental”.

1.1.2 Visión. “Ser en el año 2020 una empresa reconocida regional y nacionalmente como modelo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, caracterizada por una gestión orientada a resultados, que promueva con responsabilidad social empresarial el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general, con un talento humano de altos niveles en sus competencias; así como, por un comportamiento acorde con los principios y valores éticos”.

1.1.3 Objetivo de la Empresa. Somos una empresa prestadora de servicios públicos domiciliarios que desea brindar a la comunidad aguachiquense un buen servicio en el suministro de Agua potable, tratamientos de aguas residuales y saneamiento básico; y así contribuir al mejoramiento de la calidad de vida en este, nuestro municipio. Es por eso que la empresa se ha trazado la misión y la visión para llevar a cabo el buen manejo y sostenimiento de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P.

Organizar y prestar de forma eficiente y eficaz los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Construir, mantener y reparar oportunamente la infraestructura para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio.

Desarrollar una cultura orientada al manejo, mejoramiento y protección del medio ambiente que garanticen la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Promover el desarrollo del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Garantizar la rentabilidad económica y social requerida para la sostenibilidad de la empresa en el corto, mediano y largo plazo.

Establecer una cultura orientada al cliente, soportada con procesos organizacionales efectivos que respondan a las necesidades y oportunidades del mercado.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.

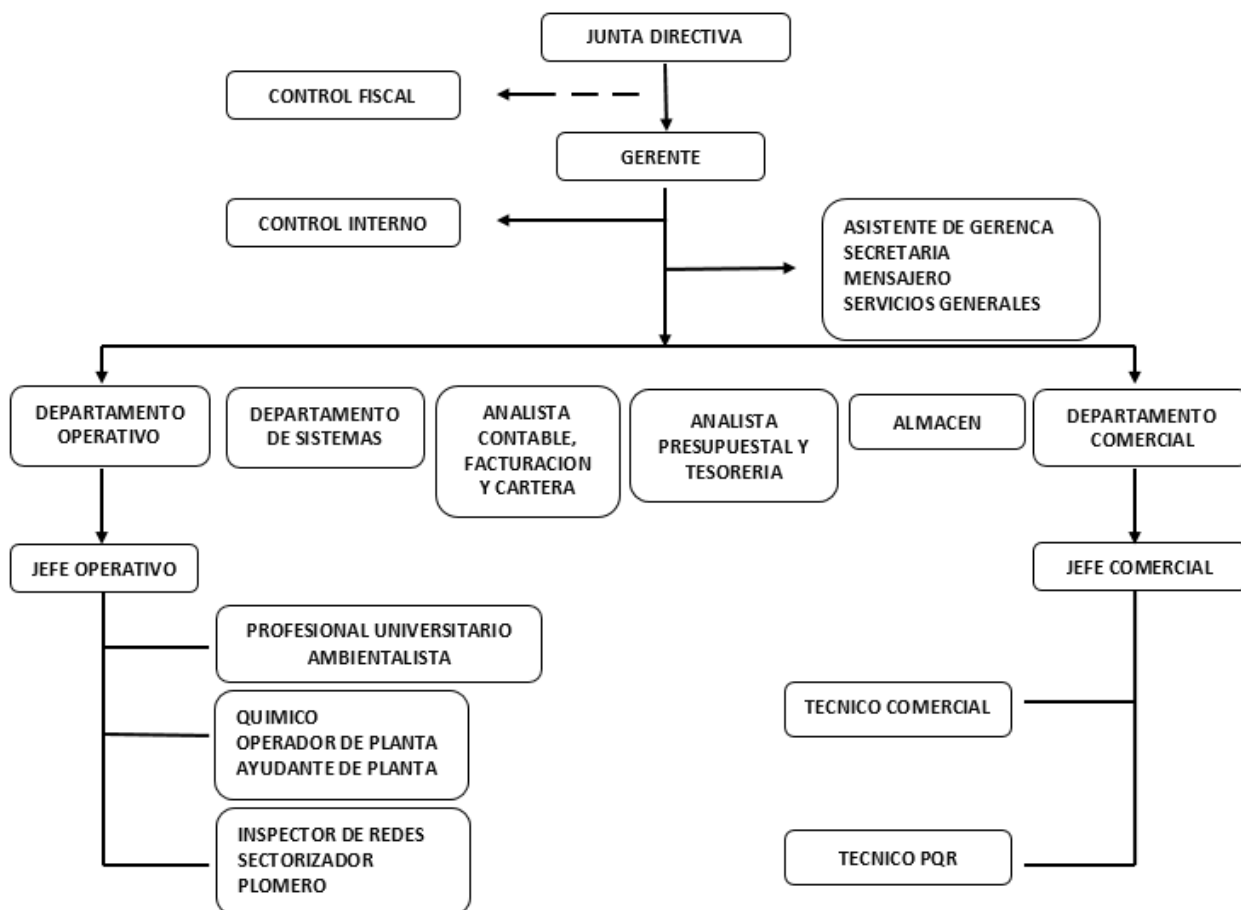


Figura 1. Organigrama de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica

Fuente. Control interno E.S.P.A

Gerente o representante legal: De la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Representar jurídicamente la empresa.

Expedir y ejecutar los actos de su competencia, requiriendo de su autorización previa o a la aprobación posterior de la junta directiva.

Ordenar y dirigir la realización de licitaciones o concursos, escoger contratistas y celebrar contratos a nombre del establecimiento, y manejar la actividad contra actual de conformidad con las disposiciones legales.

Elaborar y someter anualmente a la aprobación de la junta directiva el presupuesto anual de operaciones e inversiones.

Constituir previa autorización de la junta directiva, cuando ella fuere necesario, mandatarios o apoderados que representen al establecimiento en cualquier género de negocios y en lo que al gerente corresponde dicha representación. Entendiéndose que para dar la representación en juicios no necesita previa autorización.

Tomar las medidas convincentes a la conservación de los bienes sociales, vigilar la actividad de los empleados de la empresa e impartirles las órdenes e instrucciones que sean necesarias.

Departamento Operativo

Jefe operativo. De la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Ejecutar políticas, planes, programas y normas establecidas por la entidad de materia operativa.

Planear, coordinar, dirigir y evaluar programas y planes de trabajo del personal a su cargo, así como los programas de capacitación que se requiera.

Velar por la conservación y mantenimiento de máquinas, instalaciones y además elementos que forman parte de la dotación de la dependencia a su cargo.

Diseñar, revisar, analizar y actualizar sistemas y métodos de trabajo para optimizar y agilizar procedimientos establecidos.

Preparar mensualmente un informe relacionado con las actividades del área operativa y comercial para entregárselo al señor gerente.

Ejercer vigilancia y control en el manejo de los accesorios, productos químicos y otros elementos. Las demás funciones que le asigne su superior inmediato acorde con la naturaleza del cargo.

Profesional universitario ambientalista. De la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Esto incluye atender los requerimientos de las autoridades ambientales, al igual que los entes de control.

Incorporar la dimensión ambiental en la toma de decisiones de la empresa.

Brindar asesoría técnica-ambiental al interior de la empresa y la administración municipal cuando sea necesaria.

Supervisar las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales manejados por la E.S.P de Aguachica.

Promover al mejoramiento de la gestión y desempeño ambiental al interior de la empresa.

Liderar la actividad de formación y capacitación a todos los niveles de la empresa en materia ambiental.

Mantener actualizada la información ambiental de la empresa y generar informes

Químico profesional. De la empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Cumplir con las disposiciones generales y las normas establecidas en decretos y resoluciones del gobierno nacional, así como los procedimientos y reglamentos de la entidad, que regulan las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para el consumo humano.

Realizar periódicamente el análisis microbiológico para determinar oportunamente la presencia o ausencia de microorganismos.

Realizar periódicamente el análisis organoléptico, que garantiza el olor, sabor del agua y que permite percibir la presencia de sustancias y materiales fluctuantes y/o suspendidos en el agua.

Efectuar análisis físico-químico de las muestras recepcionadas y emitir el concepto respectivo con base en parámetros establecidos en las normas reguladas del ministerio de salud.

Informar en forma oportuna al jefe del departamento, sobre resultados que no cumplan los estándares de calidad, para preceder a tomar los correctivos del caso.

Cumplir con el número de muestras mensuales según la población servida, establecidas en la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1575 de 2007.

Operador de planta. De la empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Operar los equipos de la planta de tratamiento: Válvulas, bombas dosificadores, motores, reductores.

Inspeccionar los equipos de la planta para constatar su adecuado funcionamiento.

Efectuar los lavados de filtros, sedimentadores, dosificadores, floculadores, de acuerdo con la programación establecidos o cuando las necesidades exijan.

Realizar las pruebas siempre que la turbiedad o el color aparente del agua cruda, presenten cambios que puedan apreciarse a simple vista o de acuerdo con los resultados obtenidos en los procedimientos.

Modificar la cantidad de sulfato de aluminio o de cal que debe aplicarse al agua en proceso de tratamiento, de acuerdo con los resultados obtenidos con las pruebas.

Tomar las muestras necesarias con el propósito de realizar los análisis físico-químicos y bacteriólogos, de acuerdo con la frecuencia establecida por las normas o procedimientos de la empresa.

Inspector de redes. De la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P

Funciones:

Elaborar de acuerdo con la programación establecida por el jefe del departamento, las inspecciones periódicas a distintos tramos de la red de acueducto y alcantarillado.

Mantener actualizado el estado de todas las redes de la empresa y la información.

Coordinar y supervisar el trabajo de fontaneros y plomeros, así como del personal contratado para tareas específicas del departamento operativo.

Preparar los informes sobre el cumplimiento de programas de trabajo del departamento.

1.1.5 Descripción de la dependencia. La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P., dentro de su estructura organizacional no cuenta con un Departamento de Gestión

Ambiental, sin embargo se encuentran delegadas funciones bajo el cargo del profesional universitario ambientalista Pablo Alberto Herrera como parte del proceso de control ambiental de la E.S.P Aguachica.

El área de control ambiental es de vital importancia para la empresa encargándose de las funciones en materia ambiental, solucionando los impases que se puedan presentar siendo líder en la innovación de proyectos que aportan a la mitigación de los impactos negativos causados por las labores antrópicas y tomando acciones para que estos no se presenten nuevamente permitiendo así un mejor desarrollo de los procesos y buscando la satisfacción del usuario.

Dentro de las funciones principales que ejerce el ingeniero ambiental se especifican de la siguiente manera:

Es el encargado de velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Supervisa las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales

Promueve el mejoramiento de la gestión y desempeño ambiental al interior de la empresa.

Brinda asesoría técnica-ambiental, mantiene actualizada la información ambiental de la empresa y genera informes periódicos.

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia a la cual fue asignado

Con el fin de evidenciar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la Empresa de Servicios Públicos E.S.P se realizó la matriz DOFA, que establecerá una serie de conclusiones a las cuales se les tratará de dar respuesta con distintas estrategias.

Tabla 1.
Matriz DOFA

	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
MATRIZ DOFA PARA LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA E.S.P	F1- El tratamiento de gran parte de las aguas residuales domesticas del municipio de Aguachica Cesar.	D1- El tratamiento de las aguas residuales del municipio de una u otra manera alteran ya que tributan al cuerpo hídrico caño el cristo vía puerto mosquito.
	F2- Las diferentes áreas de trabajo cuentan con un buen personal idóneo y capacitado.	D2- Poca cultura y educación ambiental por parte de los ciudadanos y población cercana.
	F3- Cabal cumplimiento de las normas ambientales.	D3- Deficiente concientización ambiental por parte de la población. D4- Baja cobertura del Plan Maestro de Alcantarillado en el municipio. D5- Acumulación de residuos sólidos y líquidos en el cuerpo hídrico.

Tabla 1. Continuación

OPORTUNIDADES (O)	ESTRATEGIAS (FO)	ESTRATEGIAS (DO)
O1- Como medio o fuente generadora de empleo.	F2+O2- Incentivar programas relacionados con los mecanismos, seguimiento y monitoreo sobre los índices de calidad del agua.	D1+O2- Permitir mejores tratamientos y generar más estudios que contribuyan a un equilibrio dinámico ecosistemico del cuerpo hídrico.
O2- Estudios sobre la calidad de agua.	F3+O2+O3- Estudios concerniente al cuerpo hídrico teniendo en cuenta las normas ambientales vigentes.	D2+O1- Buscar la accesorias de personas capacitadas en conocimientos ambientales.
O3- Fuente receptora e incentiva de investigación para la región.	F1+O4- Nuevas tecnologías y programas que permitan un mejor tratamiento de las aguas y un menor daño de los cuerpos tributarios.	D3+O1- Buscar personas aptas que coadyuven en la implementación de mecanismos de concientización ambiental de la población.
O4- Planes de mejora y recuperación del cuerpo hídrico.		D4+D5+O1- Contratación de personal que colabores en la limpieza y mantenimiento de los márgenes hídricos del caño el cristo y buscando recursos que optimice el PMA.

Tabla 1. Continuación

AMENAZAS (A)	ESTRATEGIAS (FA)	ESTRATEGIAS (DA)
A1- Desequilibrio y cambio de los parámetros de calidad.	F1+A1+A2+A3- Mejorar las acciones de tratamientos de las aguas residuales con el fin	D1+A1- Implementar tecnologías limpias que mejoren y optimicen el tratamiento de aguas residuales, mediante la inversión del municipio.
A2- Proliferación de vectores.	de que en el tramo donde vertidas estas aguas, tengan un	
A3- Generación de olores ofensivos.	mejor equilibrio de los parámetros, vectores y olores.	D2+A4+A5- Permitir las charlas comunitarias que permitan enriquecer los conocimientos ambientales para así mitigar la contaminación y tener mayor comodidad ambiental.
A4- Incomodidad de la población.	F1+F2+A5+A7+A8- Implementar acciones y planes que conlleven a mejorar las condiciones biológicas, físicas,	
A5- Contaminación de cuerpos de aguas.	químicas y ecosistemicas en ciertos tramos del cuerpo	
A6- Generación y proliferación de enfermedades.	hídrico caño el cristo.	D5+A2+A3- Permitir la realización de campañas de limpieza con el fin de reducir los residuos presentes en el cuerpo y eliminar la proliferación de vectores y olores.
A7- Pérdida de la flora y fauna acuática.		
A8- Desequilibrio de la dinámica ecosistémica.		

Fuente: Pasante

1.2.1 Planteamiento del problema. El municipio de Aguachica Cesar y su región tiene gran variedad de fuentes hídricas, como en las que se distinguen la cuenca de la quebrada Norean, la cuenca de la quebrada Buturama y la presencia de diferentes arroyos tanto en la zona alta, como dentro del casco urbano entre ellos el Pital y Cristo.

Para nuestro caso, el cuerpo hídrico “caño Cristo” es un cuerpo de agua de aproximadamente 4,4 Km de longitud, que atraviesa la ciudad de Aguachica Cesar en forma diagonal, naciendo al oriente del casco urbano para desembocar al occidente en la Ciénaga del Juncal, convirtiéndose, en fuente y recurso para uso agropecuario-agrícola y de consumo para los habitantes aledaños de esta zona. (Rodriguez Silva, 2012).

A medida de los años y el crecimiento poblacional y la generación de asentamientos humanos y los diversos asentamientos subnormales tras la misma corriente, se han venido construyendo aproximadamente 645 viviendas para un total aproximadamente de 3200 habitantes, comprendido entre los barrios el Divino Niño, Paraíso, Idema, María Auxiliadora, María Eugenia Baja, San roque, Higuerón, Las Américas, La libertad, La Ceiba y Romero Díaz, los cuales son unos los principales causantes de la contaminación por aguas servidas y residuos sólidos que han ido ocasionando diferentes enfermedades en la población, además de observarse la presencia de animales infecciosos como roedores, e insectos entre otros; a todo esto, se suma la poca educación ambiental, cultural y en si la falta de seguimiento de autoridades ambientales. (Rodriguez Silva, 2012).

No obstante, es de señalar que las aguas residuales tratadas del municipio se localizadas hacia las afueras del Barrio 7 de Agosto en la Vereda Las Bateas por la vía que conduce a Puerto Mosquito, en las coordenadas geográficas 8°17'45" de Latitud Norte y 73°38'03.44" Longitud Oeste, a 138 msnm, cuyas descargas luego de ser tratadas tributan al Caño Cristo, que de una u otra manera genera un desequilibrio sobre los parámetros de calidad en cierto tramo del cuerpo.

En la actualidad este cuerpo hídrico, sufre a gran rasgo afectaciones “contaminación” e impactos en la calidad de agua, la reducción considerable de su caudal, la generación vertimientos y su poca cobertura del PMA, pérdida del ecosistema acuático y actividades perturbadoras entre otras; de esta manera ocasionando al cuerpo hídrico alteraciones y modificaciones notables en sus procesos biológicos, físicos, químicos y dinámicos.

Tal situación, genera sobre la comunidad cercana al cuerpo hídrico, una afectación tanto directa e indirecta, de tal manera que se ven expuesto a la generación de vectores, malos olores, enfermedades respiratorias y demás afectaciones a la salud.

Siendo el agua un recurso natural importante para la vida de todo ser vivo, por tal importancia al igual que otros recursos naturales es motivo de investigación debido a su trascendencia en la conservación y protección. Formando con el entorno un enfoque integral agradable.

De esta manera, se busca realizar la determinación de los índices de calidad del agua del caño cristo como fuente receptora del sistema de tratamiento de las aguas residuales, vía puerto mosquito en el área urbana del municipio de Aguachica, Cesar.

1.3 Objetivos de las pasantías

1.3.1 objetivo general.

Evaluar el Índice de la Calidad del Agua del Caño Cristo como fuente receptora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, vía Puerto Mosquito en Aguachica, Cesar.

1.3.2. Objetivos específicos.

Identificar los vertimientos puntuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar.

Analizar la calidad del agua mediante el cálculo de los índices; ICA, ICOSUS, ICOMO, ICOMI del Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar.

Proponer alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica, Cesar.

1.4 Descripción de las actividades a desarrollar

Tabla 2.

Descripción de actividades

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDADES
Evaluar el índice de la calidad del agua del caño cristo como fuente receptora del sistema de tratamiento de aguas residuales, vía Puerto Mosquito en Aguachica, Cesar.	Identificar los vertimientos puntuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar	Recopilación de información referente a la cobertura de alcantarillado. Revisión de planos de la red de alcantarillado. Recorrido por el caño cristo desde su nacimiento hasta 100 metros abajo del vertimiento del STAR puerto mosquito Realizar un inventario georreferenciado de los vertimientos puntuales del Caño el Cristo con el acompañamiento del jefe operativo de la E.S.P.
	Analizar la calidad del agua mediante el cálculo de los índices; ICA, ICOSUS, ICOMO, ICOMI del Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar.	Selección y georreferenciación de los puntos de toma de muestra. Toma y recolección de muestras. Análisis de muestras en el laboratorio de aguas en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña Análisis e interpretación de resultados de los muestreos Realizar cálculos mediante ecuaciones de los índices
	Proponer alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica, Cesar.	Elaboración de propuesta de alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos Presentar la propuesta de alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos al profesional universitario ambientalista Pablo Alberto Herrera

Fuente: Pasante

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1 Enfoque conceptual

2.1.1 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.

Aguas residuales. Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual, Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como: (Universidad tecnológica nacional, 2010)

Aguas residuales domesticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de

alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. (Universidad tecnológica nacional, 2010)

Aguas residuales industriales. Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de Industrias de Manufactura. Otra forma de denominar a las Aguas Residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como aguas negras a las Aguas Residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales aguas grises a las Aguas Residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga. (Hernandez, 2009)

2.1.2 Efluente. Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica. (HERNANDEZ, 1993)

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).

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.

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.

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^-). 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_2 , 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.

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.

2.1.3 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 (CO₂) 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.

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.

2.1.4 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. (Natalia Eugenia Samboni Ruiz, 2007)

2.2 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. (Constitución Política de Colombia , 1991)

Decreto 1594 del 1984: 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.

Capitulo IV

De los criterios de calidad para destinación del recurso.

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

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. (Decreto 1594 , 1984)

Capítulo 3. Informe del cumplimiento del trabajo

3.1 Presentación de resultados

3.1.1 Identificar los vertimientos puntuales sobre el caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar

3.1.1.1 Recopilación de información referente a la cobertura de alcantarillado. La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, E.S.P., es la encargada de la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado del municipio, con una cobertura en las redes de alcantarillado del 89,5%, de la cual, el 79,5% del sistema se encuentra en buen estado y un 10% en mal estado, el cual necesita reposición de tuberías.

Este se encuentra ubicado en el casco urbano del municipio de Aguachica, del departamento del Cesar, la capacidad del sistema de alcantarillado está diseñada hasta el año 2035 y su funcionamiento es normal.

El sistema cuenta con 131.28 kilómetros de red con diámetro comprendido de 18 pulgadas y de diversos materiales como Grees, Concreto y PVC, como también con un 9.20 kilómetros recolector con diámetro comprendido de 18” pulgadas a 30” pulgadas, con materiales como Ac, Concreto y PVC.

Este sistema cuenta con dos aliviaderos ubicados sobre el recolector principal caño Cristo, paralelo al Pital y sobre la carrera 20 y carrera 2, con dos emisarios. (Empresas Servicios Públicos, Aguachica, 2015)

El sistema de alcantarillado es un gran prestador del servicio de cobertura del mismo, que para el inicio del 2016 la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P., contaba con 18.801 suscriptores en el servicio de alcantarillado, los cuales a 31 de octubre de 2016, alcanzan a 19.553 suscriptores en la tabla 3 nos muestra el número total suscritos para esta fecha, que comparados con el período de inicio de gestión (18.801 usuarios), se observa un incremento de 752 usuarios, constituyéndose en un aumento de la cobertura de la prestación de dicho servicio ante la comunidad de la zona urbana.

Tabla 3.

Número de suscriptores a 31 de octubre del 2016

USO	ESTRATO	USUARIO
Residencial	1	10.306
Residencial	2	7.078
Residencial	3	1.021
Residencial	4	193
Comercial	0	888
Oficial	0	67
TOTAL		19.553

Nota: La anterior situación, se encuentran evidenciada en la medición de los indicadores cualitativos de gestión de la prestación del servicio público de alcantarillado de la zona urbana, conforme a los lineamientos establecidos por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD, mediante Resolución Compilatoria No. SSPD - 20101300048765 del 14 de diciembre de 2010. Fuente: Empresa de Servicios Públicos de Aguachica.

Actualmente en el área urbana del municipio cuenta con 150.92 metros lineales de redes de alcantarillado, las cuales se encuentran distribuidas en PVC (70.39%), Asbesto Cemento - AC (1.97%), C.C. (68.14%) y GRESS (10.17%).

Las Redes de alcantarillado se encuentran en buen estado con capacidad para resistir, fenómenos como: sismos, vendavales o inundaciones que se presenten con magnitud media baja. Además no se unen o están relativamente lejos de otras como las de oleoductos, gas energía eléctrica y telefonía, están diseñadas e implementadas de forma segura y su afectación sería mínima en caso de una emergencia.

Sólo algunas Redes de Alcantarillado se unen o están cerca de otras o parte de ellas serian afectadas por una emergencia, ocasionando cortes parciales del servicio, lo cual resistirían el impacto de fenómenos de media o baja magnitud.

Las Redes de Alcantarillado se unen o están muy cerca de otras del municipio como oleoductos, gas, electricidad y telefonía, pueden ser afectadas seriamente debido a su precaria construcción e implementación (ejemplos, acometidas y tendidos subnormales, acometidas ilegales) y son fácilmente afectados por eventos naturales incluso de baja magnitud interrumpiéndose el suministro de agua y generándose condiciones insalubres por las aguas negras. (Salcedo, 2015).

No obstante el servicio de alcantarillado ha presentado una serie de inconvenientes en cuanto al acceso del servicio de cobertura de redes de alcantarillado para algunos sectores de la

zona urbana del municipio a los que se les impide la conexión de este servicio, existiendo una serie de dificultades las cuales son: insuficiencia de recursos, la topografía no permite la conexión a la red de alcantarillado, mal uso de las instalaciones domiciliarias, obras inconclusas por parte de la gobernación e insuficiencia de recursos de la E.S.P de Aguachica, ya que solo el 85% de ellas cuentan con este sistema, existiendo un déficit del 15% para estas viviendas, el cual deben ser atendidos con los planes de expansión de la cobertura por parte de la administración central. (E.S.P de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de Aguachica. , 2015)

Viéndose en la obligación las viviendas que no poseen este servicio a desechar las aguas residuales y los residuos sólidos generados en sus hogares, a fuentes de aguas superficiales cercanas a las viviendas por medio de tubos que van directamente hacia los cuerpos de agua, contaminando dos importantes cuerpos receptores que recorren el casco urbano de Aguachica llamados caño Cristo y caño el Pital, en la Figura 2 podemos observar como estos tubos son conectados de manera fraudulenta a dichos caños.



Figura 2. Vertimientos de viviendas sobre el caño Cristo.

Fuente: Autor de pasantía.

3.1.1.2 Revisión de los planos de la red de alcantarillado. En la revisión del plano de la red de alcantarillado, llamado proyecto de “OPTIMIZACION SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA” de octubre de 2006, se hizo necesario la realización de un análisis visual del plano general en AutoCAD con el que cuenta la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, en el cual nos muestra detalladamente todas las redes con la que cuenta dicho municipio. (Salcedo, 2015)

La cual nos demuestra específicamente que tubería tiene cada barrio y en qué estado se encuentra seleccionándolas por colores; donde la tubería azul es la tubería nueva, la negra es la existente y la naranja es la que necesita reposición.

En la figura 3 podemos observar el plano general de la red de alcantarillado, pero se dificulta su análisis, puesto que este está protegido con dicho programa antes mencionado, lo cual no deja ver en si las convenciones.

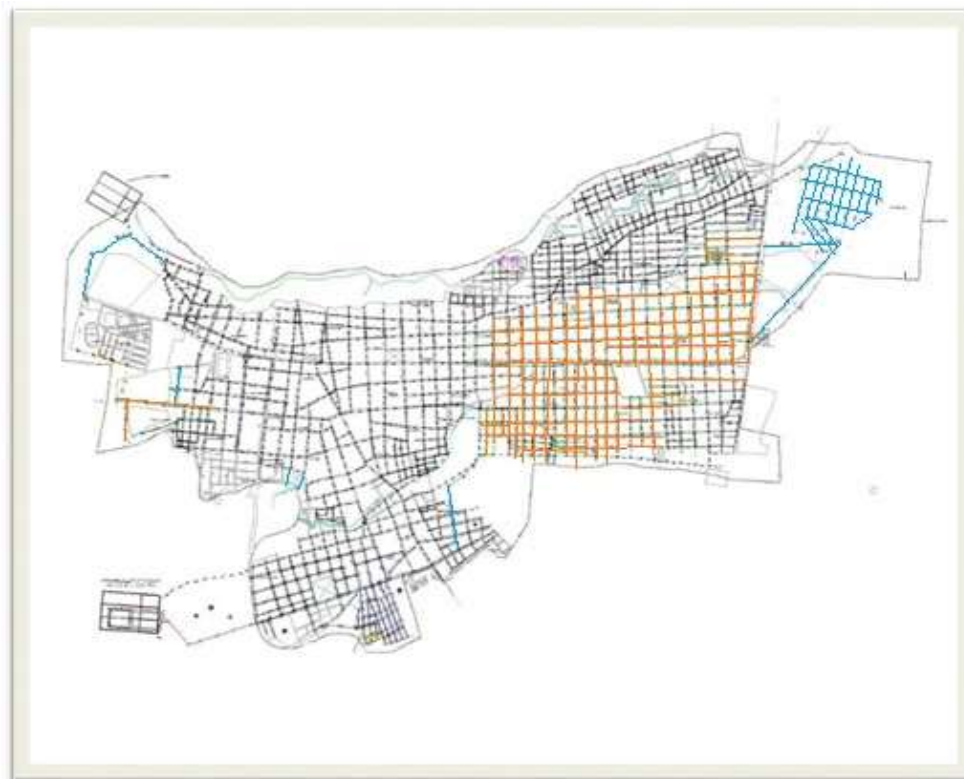


Figura 3. Plano general de la red de alcantarillado del municipio de Aguachica.

Fuente. Empresa de Servicios Públicos de Aguachica.

3.1.1.3 Recorrido por el caño Cristo desde su nacimiento hasta 100 metros abajo de los vertimientos del STAR Puerto Mosquito.

Para la identificación de los vertimientos puntuales se hizo necesario la realización de un recorrido por todo el cauce del caño Cristo, el día 19 de Octubre del 2016, desde la carrera 36 con 4N hasta el Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR Puerto Mosquito), con el acompañamiento de un funcionario de CORPOCESAR, la policía ambiental y funcionarios de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, en este recorrido se identificaron 69 vertimientos puntuales de viviendas, ubicadas en los

alrededores del mismo, estos vertimientos se encuentran ubicados entre los barrios: Potosí, Paraíso, Cañaveral, Divino Niño y las Vegas, tramo en el cual evidencia déficit por viviendas no conectadas a la red del sistema de alcantarillado, en comparación con los barrios al principio del recorrido, como María Eugenia Alta, María Eugenia Baja, la Victoria y la Calle Quinta que se encuentra conectado a la red de alcantarillado con las obras realizadas por el municipio y la ESPA, de igual forma hasta la carrera 20, en la figura 4 podemos observar los puntos de vertimientos desde su inicio hasta su terminación de dicho recorrido observando el número total de descargas, como también se evidencia en las figuras 5 tubos conectados directamente al caño Cristo.



Figura 4. Señalización de los puntos de Vertimientos desde su inicio, hasta su terminación.

Fuente. Autor de la pasantía con la ayuda de Google Earth.



Figura 5. Puntos de vertimientos encontrados.

Fuente. Autor de la pasantía

3.1.1.4 Realización del inventario georreferenciado de los vertimientos puntuales del caño Cristo con el acompañamiento del jefe operativo. Continuando con el recorrido el día 19 de Octubre del 2016, se realizó el inventario georreferenciado de los vertimientos puntuales, donde se pudo determinar las condiciones que se encuentra el caño Cristo que presenta emisiones de olores ofensivos, residuos sólidos, deterioro de las condiciones físicas del afluente.

En la tabla 4 se observan los puntos de vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas con su georreferenciación correspondiente.

Tabla 4.

Vertimientos puntuales del caño Cristo

NOMBRE DEL BARRIO	Nº DE VERTIMIENTOS	COORDENADA OESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA	DESCRIPCION
Punto de partida, María Eugenia Alta	1	W 073° 36' 02.9"	N 08° 18' 59.5"	190 m	Inicio del recorrido, se evidencio un vertimiento de aguas residuales doméstica.
Victoria	1	W 073° 36' 15.6"	N 08° 18' 48.6"	201 m	Se evidenció un vertimiento de aguas residuales doméstica.
María Eugenia Baja	2	W 073° 36' 26.7"	N 08° 18' 41.7"	184 m	Se evidenciaron un vertimiento de aguas residuales doméstica y un punto de vertimiento de la fábrica prefabricado.
Potosí	8	W 073° 36' 43.3"	N 08° 18' 28.4"	167 m	Se evidenciaron 8 vertimientos de aguas residual doméstica en un tramo de 100 metros.
Paraíso	3	W 073° 37' 01.2"	N 08° 18' 10.6"	155 m	Se evidenciaron 3 vertimientos de aguas residuales doméstica en un tramo de 50 metros
Cañaveral	9	W 073° 37' 17.4"	N 08° 17' 59.8"	148 m	Se evidenciaron 9 vertimientos de aguas residuales doméstica en un tramo de 100 metros
Divino Niño	38	W 073° 37' 20.2"	N 08° 18' 00.0"	145 m	Se evidenciaron 38 vertimientos de aguas residuales doméstica en un tramo de 100 metros
Matadero	1	W 073° 37' 27.2"	N 08° 18' 09.8"	150 m	Vertimiento puntual del Matadero.
Las Vegas	6	W 073° 37' 55.3"	N 08° 18' 03.3"	122 m	Se evidenciaron 6 vertimientos de aguas residuales doméstica en un tramo de 60 metros

Fuente. Autor de la Pasantía.

3.1.2 Analizar la calidad del agua mediante el cálculo de los índices; ICA, ICOSUS, ICOMO, ICOMI del Caño Cristo en el municipio de Aguachica Cesar.

3.1.2.1 Selección y georreferenciación de los puntos de toma de muestra. El día 22 de Noviembre del 2016 se seleccionaron los tres puntos de muestreo y se ubicaron geográficamente con el GPSmap 62s suministrado por la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica.

Los puntos de muestreo se ubicaron de la siguiente manera:

1. Efluente STAR
2. 100 metros aguas abajo STAR
3. 100 metros aguas arriba STAR

Tabla 5. Ubicación y georreferenciación de los puntos de muestreo

PUNTO	COORDENADA OESTE	COORDENADA NORTE
Efluente STAR	W 073°38'11.00"	N 08°17'51.50"
100 metros aguas abajo STAR	W 073°38'13.60"	N 08°17'56.06"
100 metros aguas arriba STAR	W 073°38'8.00"	N 08°17'54.40"

Fuente. Autor de la pasantía.

3.1.2.2 Toma y recolección de muestras. Para la realización del muestreo se hizo necesario realizar dos tomas de muestra, una en el periodo de lluvia el día 22 de Noviembre del 2016, y otro en el periodo de sequía el día 31 de Enero del 2017 con el fin de comparar el Índice de la calidad del agua del caño Cristo en estos dos periodos.

Se realizaron de la siguiente manera:

MUESTREO EN PERIODO LLUVIOSO

El día 22 de Noviembre del 2016 se tomaron dos muestras una microbiológica y una fisicoquímica; las cuales se realizaron en los tres puntos seleccionados, la primera 100 metros aguas abajo, la segunda 100 metros aguas arriba, y la tercera en el Efluente del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales que está ubicado en la Vial Puerto Mosquito, el muestreo fue de tipo puntual, cumpliendo con su respectiva cadena de custodia.



Figura 6. Caño Cristo en el periodo de lluvioso.

Fuente. Autor de la pasantía.

MUESTREO EN EL PERIODO DE SEQUIA

El día 31 de Enero del 2017 se tomaron dos muestras una microbiológica y una fisicoquímica; las cuales se realizaron en los tres puntos seleccionados, la primera en el Efluente del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales que está ubicado en la Vial Puerto Mosquito, la segunda 100 metros aguas abajo, y la tercera 100 metros aguas arriba, el muestreo fue de tipo puntual, cumpliendo con su respectiva cadena de custodia.

En la figura 7 se puede observar la disminución del caudal del caño Cristo en el periodo

de sequía.



Figura 7. Caño Cristo en el periodo de sequía.

Fuente. Autor de la pasantía.

3.1.2.3 Análisis de muestras en el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Las muestras tomadas en los puntos ubicados en el tramo de estudio en total fueron 6 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 como lo indica el Instructivo para toma de muestras de aguas residuales según IDEAM.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, el día 23 de Noviembre del 2016. En este laboratorio se realizaron los análisis fisicoquímicos cuyos parámetros analizar fueron: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO5, DQO, nitritos, nitratos y solidos suspendidos.

Para el análisis microbiológico se contrató el servicio con el laboratorio Ambiental y de Alimentos Nancy Flórez García cuyos parámetros analizar fueron: Coliformes Totales y Escherichia coli.

De igual manera el segundo muestreo realizado el 31 de enero del 2017, fueron llevadas las muestras el día 1 de Febrero de 2017 a los laboratorios correspondientes y se analizaron los mismos parámetros.

3.1.2.4 Análisis e interpretación de resultados de los muestreos. La interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio, se compararon con la normatividad (Decreto 1594 de 1984).

Tabla 6.

Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 1: Efluente STAR

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN DECRETO 1594/1984	CUMPLIMIENTO	
						Art 40	PERIODO LLUVIOSO
Efluente STAR	PH	U de pH	7,8	7,7	4,5-9	CUMPLE	CUMPLE
	TURBIEDAD	NTU	121	175	NE	-----	-----
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	185	280	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO ₃	108	96	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	452	649	NE	-----	-----
	SST	mg/L	110	80	NE	-----	-----
	OD	mg/L OD	6,6	6,0	NE	-----	-----
	OD	% Saturación	88%	79,6%	NE	-----	-----
	DBO ₅	mg/L	80	124	NE	-----	-----
	DQO	mg/L	91	310	NE	-----	-----
	NITRITOS	mg/L	297	0,6	NE	-----	-----
	NITRATOS	mg/L	154	435	NE	-----	-----

COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	1299,7x10 ⁴ 4	1986,3x10 ⁴ 4	≤ 5.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE
<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	488,4x10 ⁴	980,4x10 ⁴	≤ 1.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE

NOTA: No se observa material flotante, ni espumas, ni 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 7.

Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 2: 100 metros aguas abajo STAR.

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN DECRETO 1594/1984	CUMPLIMIENTO	
					Art 40	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
100 metros aguas abajo STAR	PH	U de pH	7,7	7,8	4,5-9	CUMPLE	CUMPLE
	TURBIEDAD	NTU	93	144	NE	-----	-----
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	245	270	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO ₃	119	93	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	μS/cm	470	568	NE	-----	-----
	SST	mg/L	120	60	NE	-----	-----
	OD	mg/L OD	6,7	6,3	NE	-----	-----
	OD	% Saturación	89%	83,6%	NE	-----	-----
	DBO ₅	mg/L	40	83	NE	-----	-----
	DQO	mg/L	50	170	NE	-----	-----
	NITRITOS	mg/L	218	0,5	NE	-----	-----
	NITRATOS	mg/L	132	326	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	1119,9x10 ⁴	2419,6x10 ⁴	≤ 5.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	461,1x10 ⁴	1299,7x10 ⁴	≤ 1.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE

NOTA: No se observa material flotante, espumas ni 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 8.

Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparación con Decreto 1594 de 1984 en el Punto 3: 100 metros aguas arriba STAR

PUNTO	PARAMETRO	UNIDAD	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	CRITERIO DE USO SEGÚN DECRETO 1594/1984	CUMPLIMIENTO	
					Art 40	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO
100 metros aguas arriba STAR	PH	U de pH	7,8	7,6	4,5-9	CUMPLE	CUMPLE
	TURBIEDAD	NTU	78	39	NE	-----	-----
	ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	195	225	NE	-----	-----
	DUREZA	mg/L CaCO ₃	140	95	NE	-----	-----
	CONDUCTIVIDAD	μS/cm	465	467	NE	-----	-----
	SST	mg/L	62	10	NE	-----	-----
	OD	mg/L OD	6,4	7,4	NE	-----	-----
	OD	% Saturación	85%	98,1%	NE	-----	-----
	DBO ₅	mg/L	<0,2	10	NE	-----	-----
	DQO	mg/L	<1,0	45	NE	-----	-----
	NITRITOS	mg/L	36	0,2	NE	-----	-----
	NITRATOS	mg/L	25	58	NE	-----	-----
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	191,8x10 ⁴	2419,6x10 ⁴	≤ 5.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	62,0x10 ⁴	866,4x10 ⁴	≤ 1.000	NO CUMPLE	NO CUMPLE

NOTA: No se observa material flotante, espumas ni películas visibles de grasas y aceites, en el periodo lluvioso hay ausencia de sustancias que produzcan olor, cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984, mientras en el periodo seco si hay presencia de sustancias que producen olor, no cumpliendo con el Artículo 44 del Decreto 1594 de 1984.

En las tablas 6, 7, y 8 se observa que los coliformes totales y fecales presentan altos valores en ambos periodos para ambos puntos esto se debe a los vertimientos domésticos puntuales de aguas residuales que se generan en el afluente dichos vertimientos son de manera constante, ya que las viviendas no se encuentran conectado a la red de alcantarillado, mostrando así que el agua en estos puntos presenta contaminación en cuanto a coliformes totales y fecales mostrando un agua no optima en su totalidad para ningún uso, también el aumento de microorganismo en el periodo seco se debe al estancamiento de agua que sufre este afluente debido al tiempo de sequía.

3.1.2.4.1 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. (GARAY, Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. 1993, 2016)

Dentro de los puntos de muestreo monitoreados se hallaron que el pH mostro rangos entre 7,7 y 7,8 unidades en periodo lluvioso y entre 7,6 y 7,8 unidades en periodo seco. Todos los puntos se encontraron dentro de los rangos permisibles para el uso agrícola, según el artículo 40 del Decreto 1594/84 (*figura 8*).

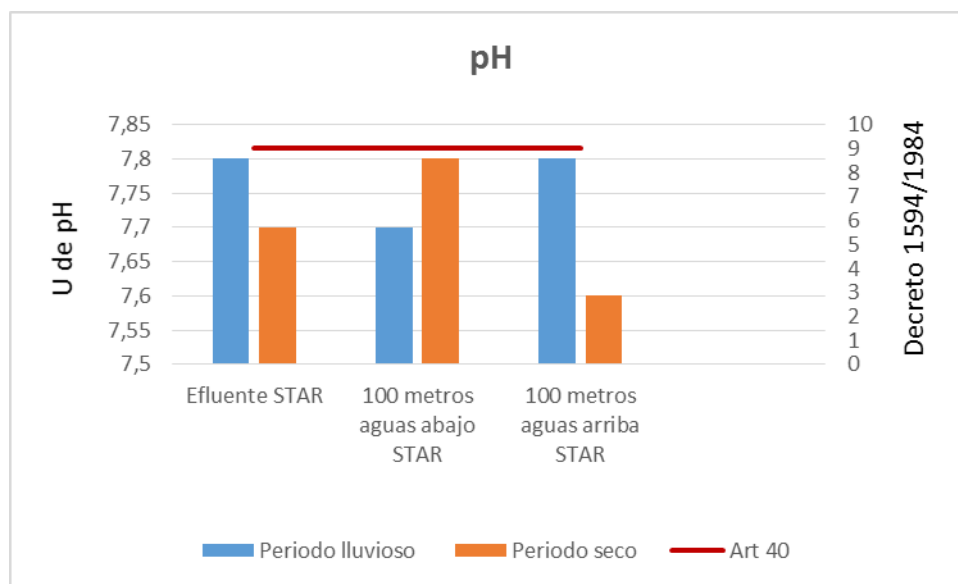


Figura 8. Valores de pH registrados en los puntos de muestreo.

Fuente: autor de la pasantía

3.1.2.4.2 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. (GARAY, Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. 1993, 2016)

Los valores de coliformes totales oscilaron en un rango de $191,8 \times 10^4$ a $1299,7 \times 10^4$ NMP/100ml para el periodo lluvioso, siendo más alta la concentración en el primer punto Efluente STAR, para el periodo seco los coliformes totales fecales presentaron concentraciones de $1986,3 \times 10^4$ a $2419,6 \times 10^4$ NMP/100 ml en los puntos monitoreados, para el periodo seco en los puntos 100 metros aguas abajo y 100 metros aguas arriba tienen las mismas concentraciones de coliformes totales.

Los valores de coliformes totales no cumplen con el artículo 40 del Decreto 1594 de 1984 en los puntos de muestreo para ambos periodos climáticos (*figura 9*).

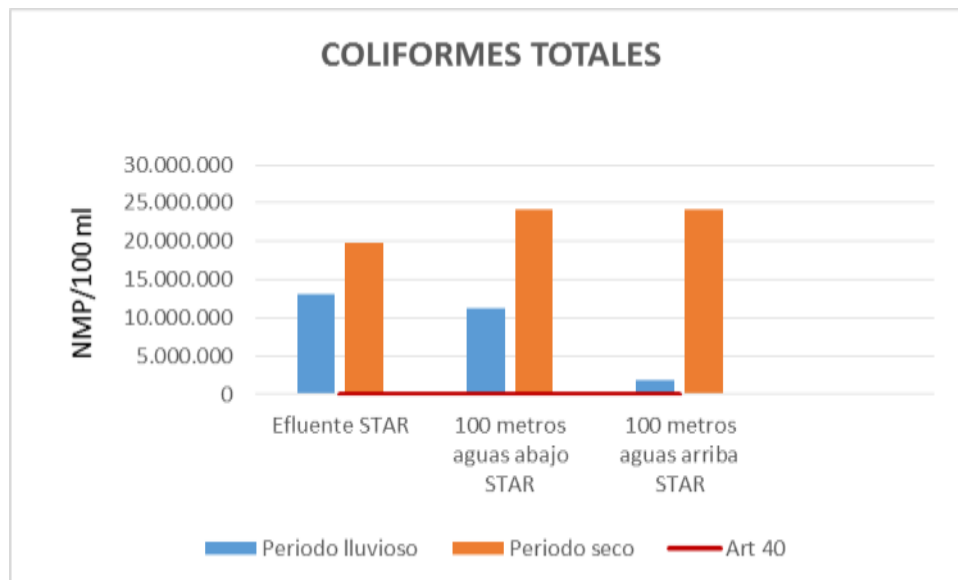


Figura 9. Valores de coliformes totales registrados en los puntos de muestreo

Fuente: autor de la pasantía

3.1.2.5 Realizar cálculos mediante ecuaciones de los índices. Los cálculos se realizaron mediante la aplicación de 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 9). (Fernández & Solano, 2005), estos pesos tienen un claro sesgo de salud pública, pues están basados en el uso del agua para consumo humano.

Tabla 9. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

Variable	(Wi)
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 abordadas desde 1997 principalmente por Ramírez. Tal conjunto de Índices denominados ICO tuvieron su base en los resultados de análisis multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreos en la Industria Petrolera Colombiana (GARAY, 2016)

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

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

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

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

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

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:

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

I DBO: se obtiene a partir de la siguiente expresión

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

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

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

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

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

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

3.1.2.5.1 Índice de calidad del agua (WQI-NSF). Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua del caño Cristo, en el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos, en el cual se relaciona la mayor cantidad de parámetros (como oxígeno disuelto, coliformes, pH, DBO₅, 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 del caño Cristo, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo. (Fernández & Solano, 2005)

En la Tabla 10 se presenta la asignación de los valores de WQI-NSF para los puntos muestreados.

Tabla 10.

Indice de calidad del agua WQI-NSF y parametros de calidad en los puntos muestreados.

PUNTO DE MUESTREO	ICA-NSF		CALIDAD
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
Efluente STAR	44,27	44,6	Excelente: 91 – 100
100 metros aguas abajo STAR	47,8	45,2	Buena: 71 – 90
100 metros aguas arriba STAR	62,1	54,54	Media: 51 – 70
			Mala: 26 – 50
			Muy Mala: 0 - 25

Fuente: autor de la pasantía

La aplicación del índice de calidad del agua WQI-NSF demuestra que la calidad del agua presenta una variación mínima en los diferentes puntos monitoreados y en cada periodo climático, los puntos de muestreo Efluente STAR y 100 metros aguas abajo STAR se encuentran en un rango entre 26 – 50 clasificándola como de mala calidad del agua esto es debido que en el punto de efluente STAR se encuentra el vertimiento del Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales vía Puerto Mosquito.

100 metros aguas arriba STAR se encuentra en un rango entre 51-70 clasificándola como de mediana calidad o medianamente contaminadas, en cuanto al periodo seco la calidad del agua de 100 metros aguas arriba STAR mantiene una mediana calidad del agua clasificándola como de mediana calidad o medianamente contaminada, esto se debe probablemente a que antes de este punto de muestreo es recibido los vertimientos puntuales domésticos de las aguas residuales de las viviendas que no se encuentran conectadas a la red de alcantarillado y que en periodo seco el

efecto de dilución del caño Cristo es menor generando cambios en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua por tanto afecta la calidad del agua en este punto.

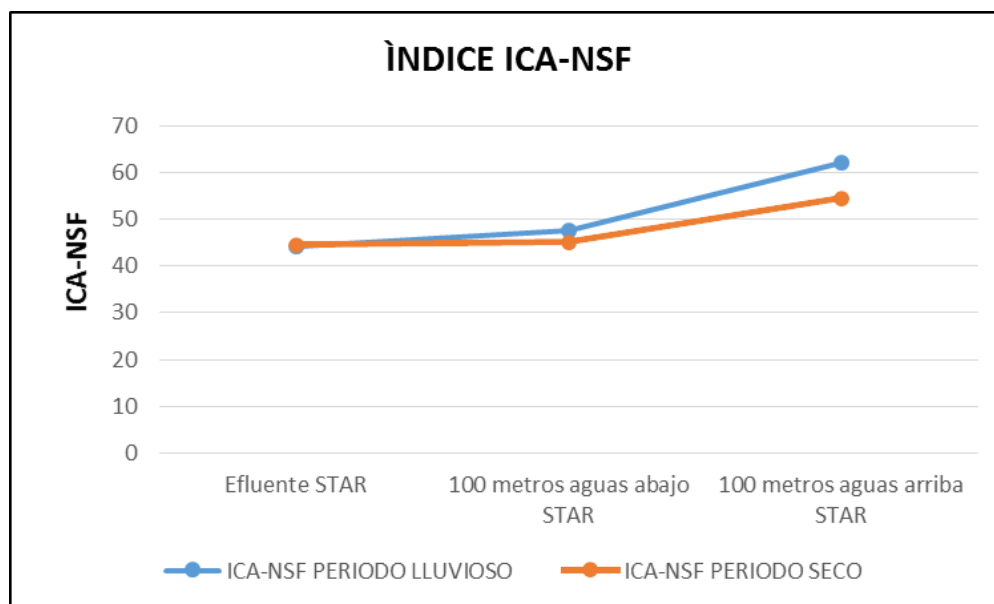


Figura 10. Comportamiento del índice WQI-NSF en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autor de la pasantía

Para el punto de muestreo de Efluente STAR las variables que afectaron la calidad del agua fueron DBO, los coliformes totales, nitratos y la turbidez para el periodo lluvioso, en cuanto al periodo seco fueron los mismo parámetros los que afectaron la calidad del agua, ya que esto es debido por el aporte de grandes cantidades de sólidos, en la *Figura 11* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros: DBO, Oxígeno Disuelto, Coliformes Totales, Nitratos, pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos, y Turbidez en ambos periodos climáticos, con la diferencia que para el periodo lluvioso el pH es clasificado como bueno y para el periodo seco es clasificado en un rango excelente.

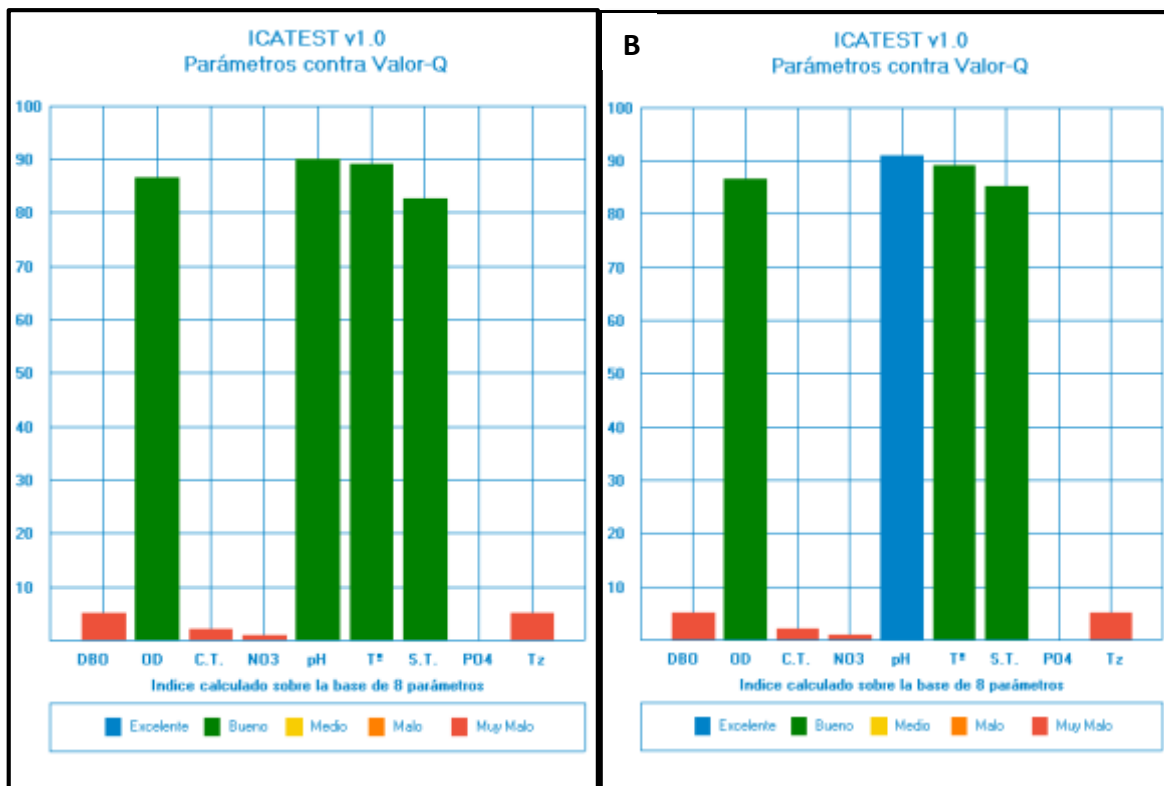


Figura 11. **Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de Efluente STAR.**

Fuente: autor de la pasantía

Tanto para el periodo lluvioso y periodo seco el punto de muestreo de 100 metros aguas abajo STAR las variables que afectaron el Índice de Calidad del Agua (ICA) fueron DBO, los coliformes totales, nitratos y la turbidez, esto es debido por el vertimiento de la STAR la cual no está haciendo una remoción eficiente y se encuentra 100 metros arriba en la *Figura 12* se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados para el cálculo del WQI-NSF en ambos periodos climáticos siendo diferenciado que para el periodo lluvioso el Oxígeno Disuelto y el pH está clasificado como excelente mientras que para el periodo seco cambia a bueno.

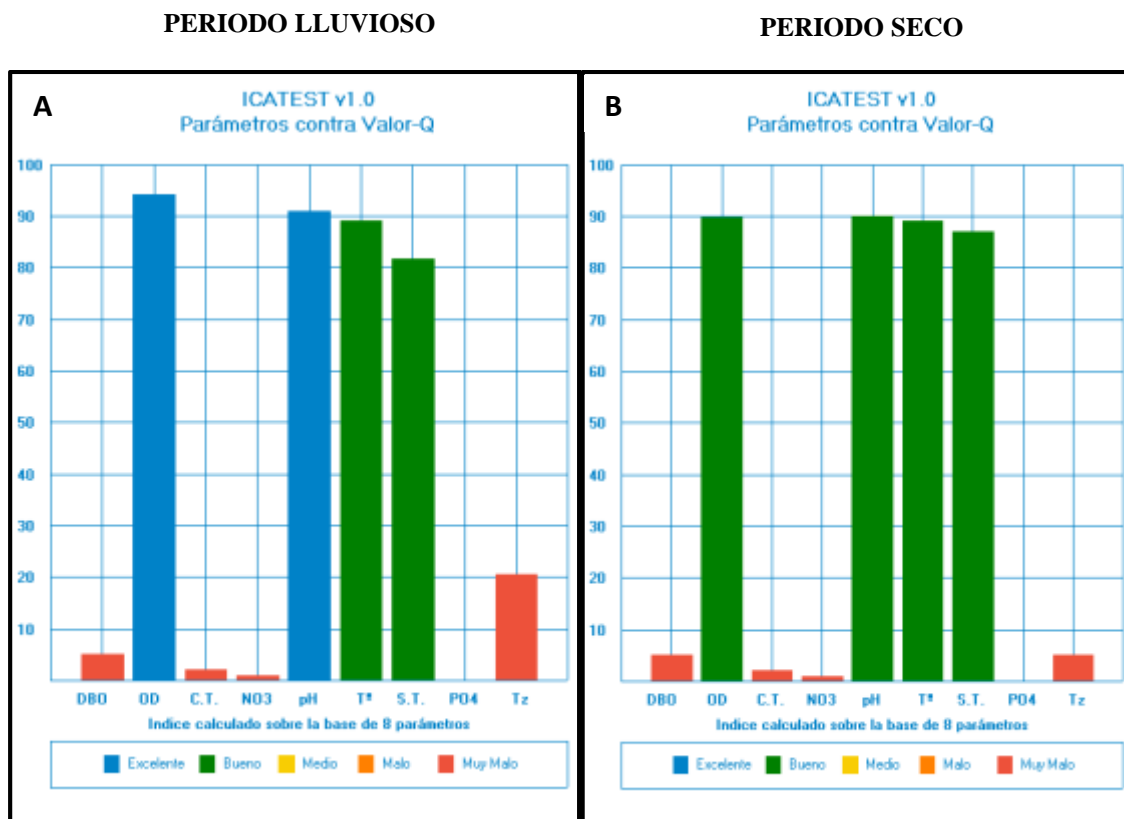


Figura 12. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de 100 metros aguas abajo STAR.

Fuente: autor de la pasantía

El Índice de Calidad del Agua para el punto de muestreo de 100 metros aguas arriba STAR las variables que afectaron la calidad del agua fueron tres parámetros: los coliformes totales, nitratos y turbidez para el periodo lluvioso, en cuanto al periodo seco fueron cuatro parámetros: DBO, coliformes totales, nitratos y turbidez los que afectaron la calidad del agua, en la Figura 13 se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros utilizados, los cuales hay una gran diferencia en los dos periodos evaluados para el cálculo del WQI-NSF, es que para el periodo lluvioso la DBO está clasificada excelente, mientras que en el periodo seco la DBO es mala.

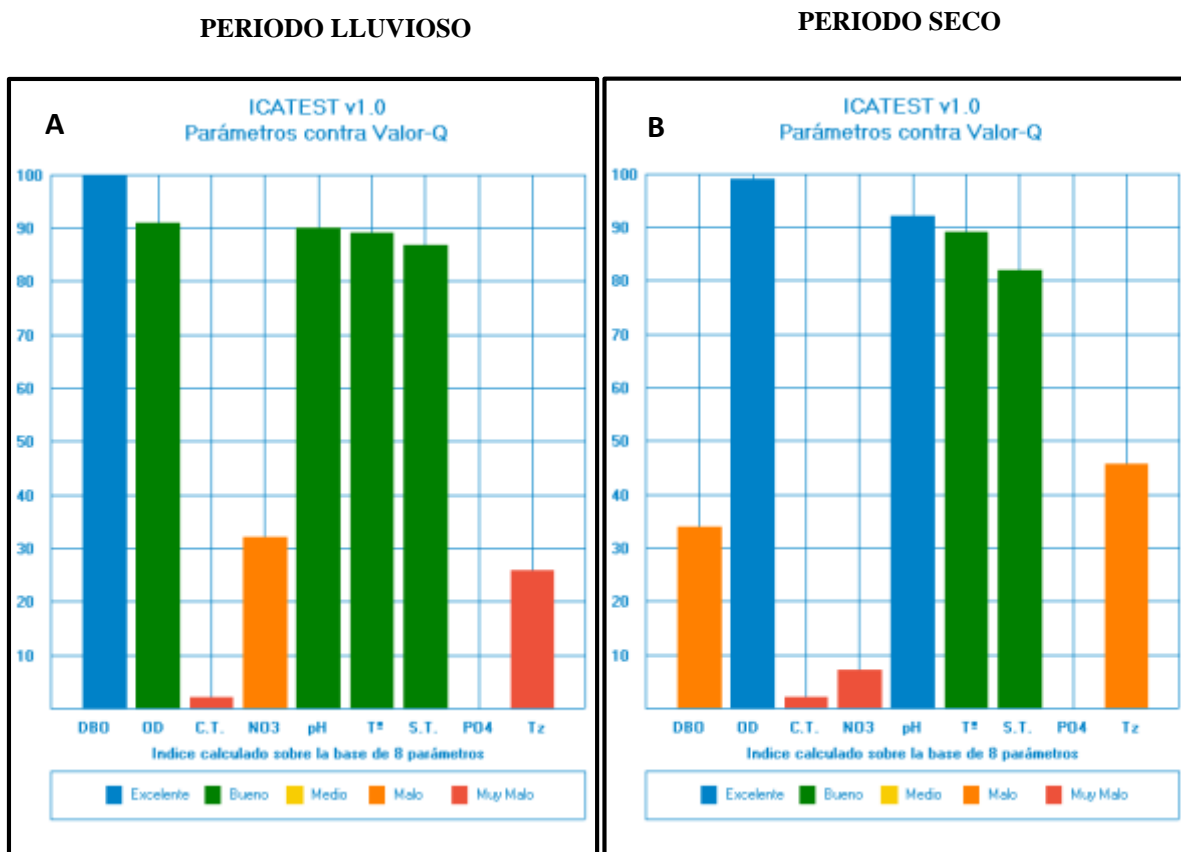


Figura 13. Puntaje parámetros contra valor Q en el cálculo del WQI-NSF A) periodo lluvioso B) periodo seco en el punto de muestreo de 100 metros aguas arriba STAR.

Fuente: autor de la pasantía

3.1.2.5.2 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.

3.1.2.5.2.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

Tabla 11.

valor ICOMI en los puntos de muestreo y diferentes periodos climáticos.

PUNTO DE MUESTREO	ICOMI		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
Efluente STAR	0,798	0,81	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
100 metros aguas abajo STAR	0,992	0,791	Contaminación alta 0.6 – 0.8
100 metros aguas arriba STAR	0,908	0,761	Contaminación media 0.4 – 0.6
			Contaminación baja 0.2 – 0.4
			Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autor de la pasantía

El ICOMI para el periodo lluvioso demostró que las aguas de todas las estaciones de muestreo son agua alta y muy alta contaminación por mineralización esto se debe por las altas conductividades y durezas presentadas, así como el efecto de dilución; para el periodo seco el índice ICOMI demostró que en el punto Efluente STAR de muestreo tuvo tendencias a desmejorar por la alta mineralización, en los puntos 100 metros aguas abajo STAR y 100 metros aguas arriba STAR reportaron aguas con contaminación alta por mineralización (Figura 14).

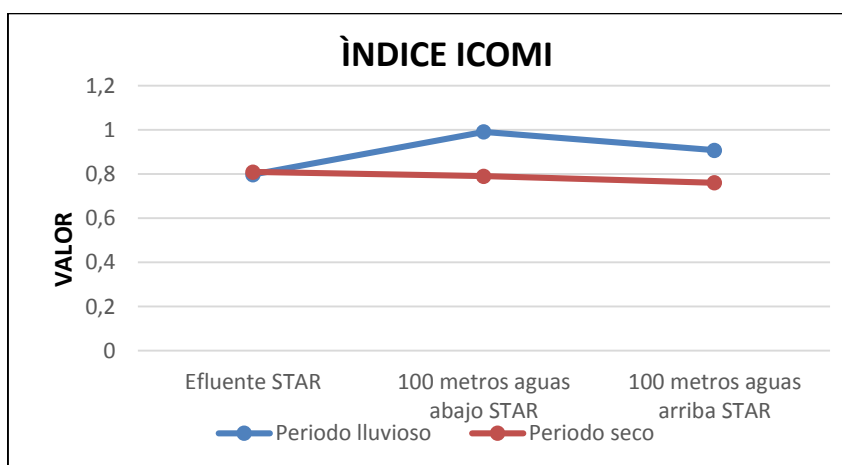


Figura 14. Comportamiento del índice ICOMI en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autor de la pasantía

3.1.2.5.2.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

Tabla 12.

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

PUNTO DE MUESTREO	ICOMO		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
Efluente STAR	0,707	0,735	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
100 metros aguas abajo STAR	0,703	0,721	Contaminación alta 0.6 – 0.8
100 metros aguas arriba STAR	0,383	0,556	Contaminación media 0.4 – 0.6
			Contaminación baja 0.2 – 0.4
			Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autor de la pasantía.

El ICOMO para el periodo lluvioso y el periodo seco demostró que las aguas de los puntos Efluente STAR y 100 metros aguas abajo STAR son aguas de alta contaminación por materia orgánica, debido al aporte de materia orgánica que se genera por el vertimiento del Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales vía Puerto Mosquito que allí se genera, mientras que en el punto 100 metros aguas arriba STAR para el periodo lluvioso reporto agua con contaminación baja y para el periodo seco el índice ICOMO desmejoro en el punto 100 metros aguas arriba STAR demostró que el agua en este punto es contaminación media debido por el tiempo de sequía . (Figura 15).

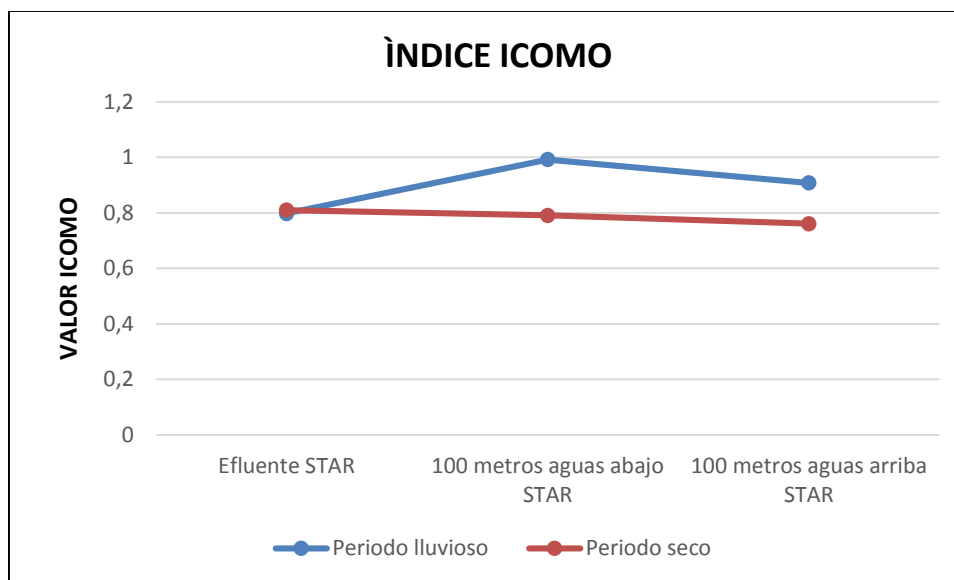


Figura 15. Comportamiento del índice ICOMO en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autor de la pasantía

3.1.2.5.2.3 Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Tabla 13.

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

PUNTO DE MUESTREO	ICOSUS		CLASIFICACION
	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	
Efluente STAR	0,31	0,22	Contaminación muy alta 0.8 – 1.0
100 metros aguas abajo STAR	0,34	0,16	Contaminación alta 0.6 – 0.8
100 metros aguas arriba STAR	0,166	0,01	Contaminación media 0.4 – 0.6
			Contaminación baja 0.2 – 0.4
			Contaminación muy baja 0.0 – 0.2

Fuente: Autor de la pasantía.

El índice de contaminación por solidos suspendidos para el periodo lluvioso en los puntos Efluente STAR y 100 metros aguas abajo STAR reportaron aguas con contaminación baja por solidos suspendidos esto es debido a que la presencia de materiales solidos son mínimas, en el punto 100 metros aguas arriba STAR reporto una contaminación muy baja por solidos suspendidos, para el periodo seco en el punto Efluente STAR reporto una contaminación baja por

solidos suspendidos y para los puntos 100 metros aguas abajo STAR y 100 metros aguas arriba STAR el agua fue mejorando en este periodo seco reporto una contaminación muy baja esto es debido por la disminución de las precipitaciones por las cuales disminuyen las escorrentías y estas a su vez disminuyen aportes de sólidos debido al tiempo de sequía. (Figura 16).

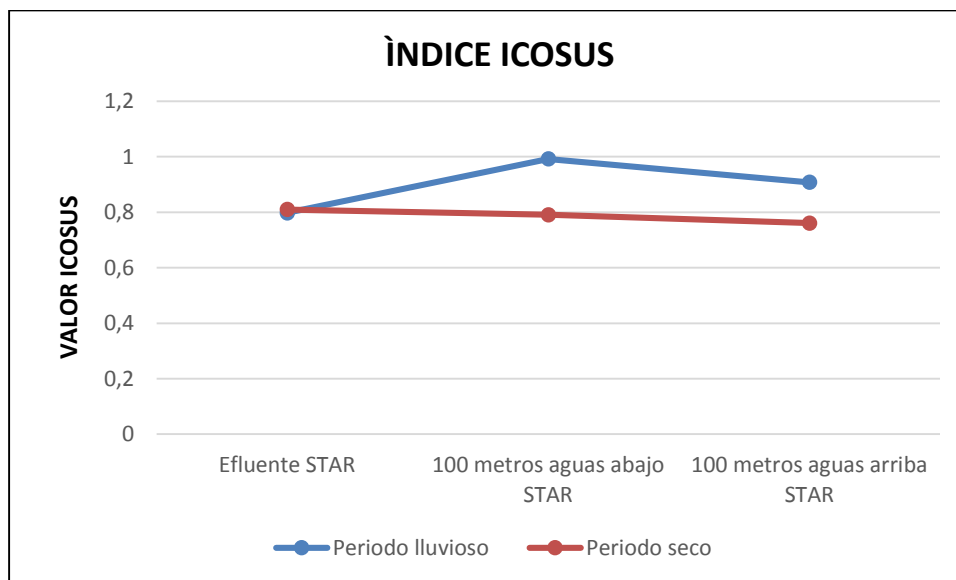


Figura 16. Comportamiento del índice ICOSUS en las estaciones de muestreo para los diferentes periodos climáticos.

Fuente: autor de la pasantía

3.1.3 Proponer alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales sobre el Caño Cristo en el municipio de Aguachica, Cesar.

3.1.3.1 Elaboración de propuesta de alternativas para la reducción de las cargas contaminantes de los vertimientos.

Una alternativa para la reducción de estos vertimientos se hace necesario la proyección de obras que le permitan reducir la carga contaminante que actualmente se vierte sobre el afluente

del caño Cristo, mediante la optimización de las redes de alcantarillado, logrando disminuir la contaminación ambiental que existe en la actualidad por la forma en que se realizan los vertimientos en las fuentes de aguas superficiales del casco urbano del municipio, en el cual se descargan aguas residuales domésticas y residuos sólidos encontrándose día a día en deterioro constante, mejorando así la calidad de vida de los habitantes, ya que este es uno de los principales causantes de enfermedades e infecciones en las familias que encuentran asentadas sobre el área de estudio, llamado caño Cristo.

Se hace necesario verificar el funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, ya que la evaluación de los Índices de la Calidad del Agua ICA y ICOs arrojaron una mala calidad del agua, esto es debido por el vertimiento del Efluente del STAR vía Puerto Mosquito el cual no está funcionando debidamente ya que su remoción no es positiva y está afectando al caño Cristo.

Teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron en los laboratorios y haciendo los respectivos análisis en cuanto al cálculo de los índices de calidad del agua del caño Cristo, se deben buscar nuevas alternativas que puedan ayudar a mitigar la problemática actual que se está generando en cuanto a la calidad del agua, es importante tener ciertos conocimientos acerca de los mecanismos viables que puedan aplicarse. Por tanto resulta de vital importancia hacer una correcta utilización de las aguas residuales a fin de liberar importantes volúmenes de agua limpia para el abastecimiento o de diversos usos que se le den.

Teniendo en cuenta las características del estudio realizado en este trabajo relacionado con los índices de calidad del agua y teniendo en cuenta que regidos por la normativa ambiental

son altos los costos en cuanto al pago de las tasas retributivas que se exige en lo relacionado a los vertimientos, de acuerdo a los análisis realizados y observando la situación en el caño Cristo que es el efluente estudiado la alternativa viable que ayude a reducir las cargas contaminantes del sistema de tratamiento la aplicación de BIOTECNOLOGIA MACROFITAS ACUATICAS. Esta alternativa de biotecnología es una alternativa que puede adaptarse fácilmente en este caso para el sistema de tratamiento, debido a que son de fácil aplicación y manejo, y sus características naturales se adaptan con gran facilidad ya que incorporan los compuestos que hay en el agua de modo que disminuyen la contaminación, mejorando la calidad de la misma, su uso se basa en relaciones de flujos de energía y nutrientes que tienen lugar entre éstas y los microorganismos degradadores esto a su vez ayudando a que dichas cargas contaminantes se reduzcan hasta cierto porcentaje mínimo ayudando así a mitigar el impacto que generan las aguas con alta carga contaminante, sabiendo que dichas cargas presentes en el agua pueden afectar tanto su calidad como los ecosistemas acuáticos, esta alternativa de fácil aplicación y manejo también puede ayudar a que se cumpla de manera más estricta con los estándares que exige la normativa ambiental como son los parámetros de coliformes totales, coliformes fecales, sólidos suspendidos, turbidez.

Esta alternativa de biotecnología puede llevarse a cabo dentro de las lagunas de oxidación a través de un sistema piloto para determinar la viabilidad de su eficiencia en el Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales, las macrófitas acuáticas (plantas acuáticas) son seres muy potentes biológicamente gracias a procesos fisiológicos, son capaces de absorber los contaminantes presentes en el agua. Su uso se basa en relaciones de flujos de energía y nutrientes que tienen lugar entre éstas y los microorganismos degradadores. Las plantas incorporan los compuestos que hay en el agua de modo que disminuyen la contaminación,

mejorando calidad de la misma.

En la figura 17 podemos observar un diagrama general del objetivo de la biotecnología para ayudar a la reducción de las cargas contaminantes.

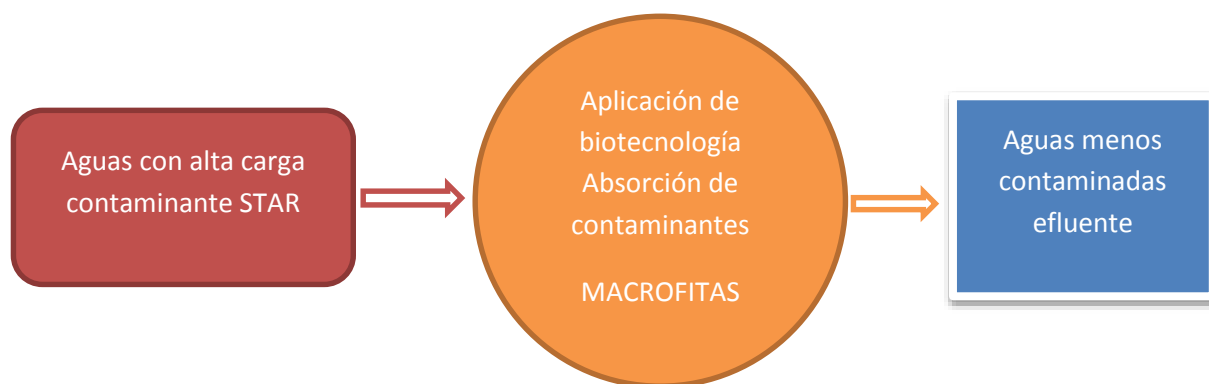


DIAGRAMA GENERAL

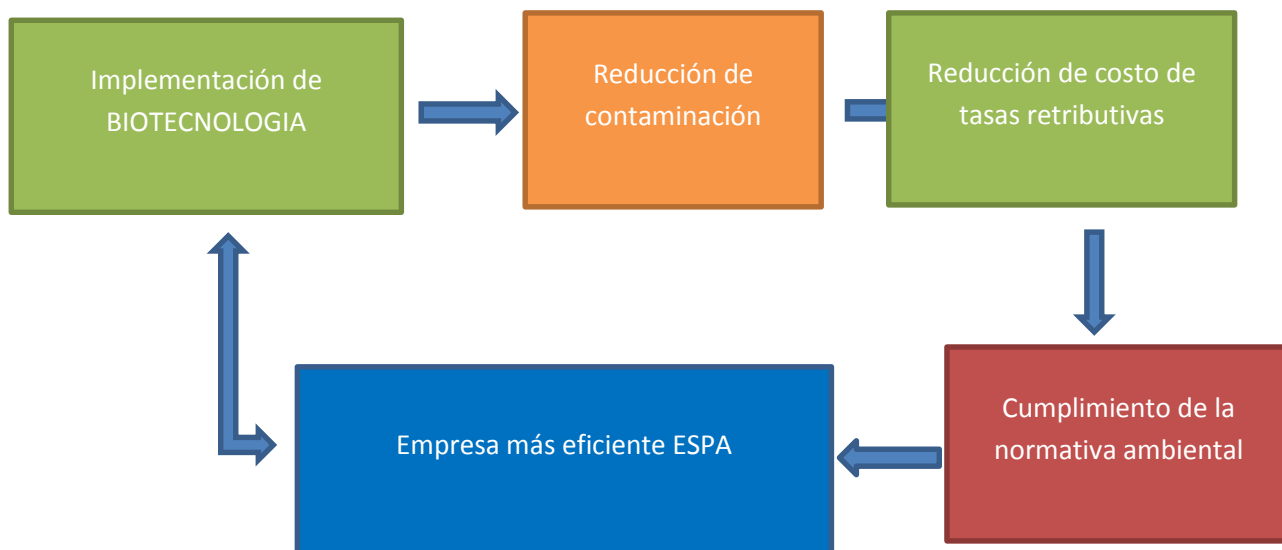


Figura 17. Diagrama general del objetivo de la biotecnología

Fuente. Autor de la pasantía.

Capítulo 4. Diagnostico final

Con el proyecto “Evaluación del Índice de la Calidad del Agua del caño Cristo como fuente receptora del sistema de tratamiento de aguas residuales, vía Puerto Mosquito en Aguachica, Cesar”, se buscó conocer el número de vertimientos puntuales descargados sobre dicha fuente de agua superficial, la realización de un recorrido por el cauce del caño, pudiéndose constatar soluciones al impacto generado por esta problemática que sin lugar a dudas causan un deterioro constante de esta fuente hídrica, tanto físicamente, como al estado del agua que transcurre diariamente por ahí.

Se efectuó un diagnostico en el área del proyecto donde se dio a conocer el estado en que se encuentra el caño Cristo, tomando las coordenadas de cada punto donde se encontraron los vertimientos y que soluciones podrían ser favorables para esta importante corriente de agua, planteando medidas y acciones, para lograr eficacia dicha problemática.

El aporte como pasante de Ingeniería Ambiental para la empresa es sumamente importante, puesto que se realizó la actualización de los vertimientos puntuales, el análisis visual del estado físico de cómo se encuentra actualmente el caño Cristo ya que se ha convertido en la principal fuente recolectora de aguas residuales domésticas y residuos sólidos provenientes de las viviendas aledañas a esta corriente de agua en el municipio de Aguachica, Cesar.

Esta contaminación ha venido avanzando debido a la sobrepoblación y la ausencia de redes de alcantarillado en diferentes sectores aledaños al caño el Cristo, lo cual dificulta la

implementación de cobertura de alcantarillado por la pendiente que se presenta en diferentes barrios del municipio, imposibilitando una respectiva disposición a estos vertimientos que van directamente a esta corriente superficial, el cual día a día se ha ido convirtiendo en un botadero de basura.

En consecuencia la falta de implementación de redes de alcantarillado trae consigo sucesos nocivos que afectan sustancialmente el medio ambiente urbano, ya que al no tener un completo sistema de aguas residuales, la comunidad termina por realizar los vertimientos de las mismas al caño Cristo. El manejo inadecuado de los residuos sólidos es el factor que más contribuye al deterioro del medio ambiente en el sector urbano.

Los análisis realizados del Índice de la Calidad del Agua ICA y ICOs determino una mala calidad del agua en el punto del efluente STAR y 100 metros aguas abajo STAR lo cual es una problemática a la que no se le ha dado la importancia necesaria, por la cual se debe tomar acciones o medidas que contribuyan a mitigar de manera satisfactoria una descontaminación de esta fuente hídrica, que en años anteriores no presentaba esta serie de impactos negativos.

Capítulo 5. Conclusiones

Se identificaron 69 puntos de vertimientos sobre el caño Cristo dentro de los cuales el mayor número de puntos se encontraron en los siguientes barrios: 8 vertimientos en el Potosí, 9 vertimientos en el Cañaveral, 38 vertimientos en el Divino Niño y 6 vertimientos en Las Vegas, que en su totalidad todos son vertimientos de aguas residuales domésticas, todo esto es debido a que no están conectados a la red de alcantarillado.

En la interpretación de los resultados de los análisis al compararlo con el artículo 40 del decreto 1594 del 1984, tanto en el periodo lluvioso como en el periodo seco, solo se cumplió con el parámetro de pH incumpliendo con los parámetros Coliformes Fecales y Escherichia Coli.

Se logró evidenciar que en el Índice de la Calidad del Agua ICA tanto como para el periodo lluvioso y el periodo seco en los puntos Efluente STAR y 100 metros aguas abajo, su rango es de mala calidad, esto es debido a que se está contaminando el afluente con el vertimiento del STAR vía Puerto Mosquito cuyos resultados son de una alta carga contaminante por coliformes fecales.

También se logró evidenciar que en el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) muestra para el periodo seco en los tres puntos de muestreo el grado 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 en el caño lo cual esto altera las condiciones normales del agua con respecto a la alcalinidad, dureza, y conductividad.

Recomendaciones

Se recomienda que las autoridades ambientales CORPOCESAR ejerzan mayor presencia y control hacia la fuente hídrica e intervenir de forma definitiva el problema de vertimientos puntuales de las aguas residuales ya que generan una problemática en cuanto a la alteración a las características de la calidad del agua en el afluente.

Se recomienda la implementación de obras para la construcción de canales colectores de aguas residuales en los barrios que no poseen este servicio.

Es de aclarar que la empresa de Servicios Públicos de Aguachica, junto con el Municipio ha venido presentando proyectos, con el fin de la realización de dicha actividad y con ello disminuir el número de vertimientos puntuales sobre los cauces de los caños que recorren el casco urbano del municipio.

Es necesario a su vez, la limpieza de los alrededores de la corriente de aguas superficial, mejorando así su aspecto físico, ya que en la actualidad lo han convertido, en un botadero de basura.

Contratar vigilancia de manera permanente para evitar el paso de personas que puedan afectar el buen funcionamiento de las STAR.

Referencias

- Constitución Política de Colombia . (1991). *Constitución Política de Colombia*.
- Decreto 1594* . (1984).
- E.S.P de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de Aguachica. . (2015). *Evaluacion Integral De Prestadores E.S.P de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de Aguachica* .
- Empresas Servicios Públicos, Aguachica. (2015). *Plan De Emergencias Y Contingencias Del Sistema De Acueducto Y Alcantarillado De La Empresa De Servicios Públicos Del Municipio De Aguachica*. Aguachica, Cesar.
- Fernández, N., & Solano, F. (2005). *Índices de calidad y de contaminación del agua.*, Universidad de Pamplona.
- GARAY, J. P. (03 de 2016). *Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. 1993*. Obtenido de <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnica>
- GARAY, J. P. (03 de 2016). *Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. 1993*. Obtenido de <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnica>
- Hernandez, J. (2009). *Aguas residuales industriales*. Mexico.
- HERNANDEZ, M. y. (1993). *Efluente. Cámara de Disputados de la provincia de Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires, Argentina.
- Natalia Eugenia Samboni Ruiz, Y. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Ing. Investig. v.27 n.3 Bogotá disponible en línea:* . Obtenido de http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=es&nrm
- Salcedo, R. (2015). *Diagnóstico De Los Servicios Públicos De Acueducto Y Alcantarillado En La Zona Urbana* . Aguachica, Cesar.
- Universidad tecnológica nacional. (2010). *Aguas residuales domésticas*. edUTecNe .

Apéndices

Apendice 1. Puntos de Muestreo



Punto 1: Efluente STA



Punto 2: 100 metros aguas abajo STAR



Punto 3: 100 metros aguas arriba STAR

Apendice 2. Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio



Toma de muestra periodo lluvioso



Toma de muestra periodo seco



Análisis en el laboratorio



Análisis en el laboratorio



Análisis en el laboratorio



Análisis en el laboratorio

Apéndice 3. Resultados de Laboratorio



Universidad
Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

LABORATORIO DE AGUAS

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: Efluente Star **PUNTO:** punto 3

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 16:14 Hrs

FECHA TOMA DE MUESTRA: 22 de noviembre 2016.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 23 de noviembre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,8
TURBIEDAD	NTU	121
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	452
DUREZA	mg/L CaCO ₃	108
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	185
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,6
DBO ₅	mg/L	80
DQO	mg/L	91
NITRITOS	mg/L	297
NITRATOS	mg/L	154
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	110

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

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: 100 m abajo Star **PUNTO:** punto 1

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 15:37 Hrs

FECHA TOMA DE MUESTRA: 22 de noviembre 2016.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 23 de noviembre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,7
TURBIEDAD	NTU	93
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	470
DUREZA	mg/L CaCO ₃	119
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	245
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,7
DBO ₅	mg/L	40
DQO	mg/L	50
NITRITOS	mg/L	218
NITRATOS	mg/L	132
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	120

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

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: 100 m arriba Star **PUNTO:** punto 2

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 16:03 Hrs

FECHA TOMA DE MUESTRA: 22 de noviembre 2016.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 23 de noviembre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,8
TURBIEDAD	NTU	78
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	465
DUREZA	mg/L CaCO ₃	140
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	195
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,4
DBO ₅	mg/L	<0,2
DQO	mg/L	<1,0
NITRITOS	mg/L	36
NITRATOS	mg/L	25
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	62

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



Vía 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

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: Efluente Star **PUNTO:** punto 1.

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 15:21 Hrs.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 31 de enero del 2017.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 01 de febrero del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,7
TURBIEDAD	NTU	175
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	649
DUREZA	mg/L CaCO ₃	96
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	280
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,0
DBO ₅	mg/L	124
DQO	mg/L	310
NITRITOS	mg/L	0,6
NITRATOS	mg/L	435
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	80

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



Vía 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

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: 100 m abajo Star **PUNTO:** punto 2.

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 15:49 Hrs.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 31 de enero del 2017.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 01 de febrero del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,8
TURBIEDAD	NTU	144
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	568
DUREZA	mg/L CaCO ₃	93
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	270
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,3
DBO ₅	mg/L	83
DQO	mg/L	170
NITRITOS	mg/L	0,5
NITRATOS	mg/L	326
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	60

Diana M. Valdes S.

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



Vía 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

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Residual.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: 100 m arriba Star **PUNTO:** punto 3.

TOMADA POR: Julieth Uribe **HORA:** 16:30 Hrs.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 31 de enero del 2017.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 01 de febrero del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, turbiedad, conductividad, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,6
TURBIEDAD	NTU	39
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	467
DUREZA	mg/L CaCO ₃	95
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	225
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,4
DBO ₅	mg/L	10
DQO	mg/L	45
NITRITOS	mg/L	0,2
NITRATOS	mg/L	58
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	10

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



Vía 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

COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 N° 4896

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 DIRECCION : CL 128IS N° 16A-24
 CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
 CIUDAD : AGUACHICA
 TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL
 LUGAR DE MUESTREO : CAÑO CRISTO
 PUNTO DE MUESTREO : EFLUENTE
 CODIGO : 161125672
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

HORA MUESTRA : 04:16 p.m.
 MUESTREO : 22/11/2016
 RECEPCION : 23/11/2016
 INICIO ENSAYOS : 23/11/2016
 FINAL ENSAYOS : 25/11/2016
 INFORME : 25/11/2016

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	1299,7x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	488,4x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marcaque verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRÉSPALACIOS
 Coordinadora de Microbiología

APROBÓ


LOANA ARAUJO
 Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe

COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 N° 4897

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 DIRECCION : CL 12BIS N° 16A-24
 CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
 CIUDAD : AGUACHICA
 TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
 LUGAR DE MUESTREO : CAÑO CRISTO
 PUNTO DE MUESTREO : 100 m AGUAS ABAJO
 CODIGO : 161125673
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

HORA MUESTRA : 03:35 p.m.
 MUESTREO : 22/11/2016
 RECEPCION : 23/11/2016
 INICIO ENSAYOS : 23/11/2016
 FINAL ENSAYOS : 25/11/2016
 INFORME : 25/11/2016

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	1119,9x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	461,1x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marcaque verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRÉSPALACIOS
 Coordinadora de Microbiología

APROBÓ


LOANA ARAUJO
 Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe



COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
N° 4956

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
DIRECCION : CL 12BIS N° 16A-24
CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
CIUDAD : AGUACHICA
TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
LUGAR DE MUESTREO : CAÑO CRISTO
PUNTO DE MUESTREO : 100 m AGUAS ARRIBA
CODIGO : 161125671
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

HORA MUESTRA : 04:00 p.m.
MUESTREO : 22/11/2016
RECEPCION : 23/11/2016
INICIO ENSAYOS : 23/11/2016
FINAL ENSAYOS : 28/11/2016
INFORME : 29/11/2016

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	191,8x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	62,0x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marcaque verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRESPALACIOS
Coordinadora de Microbiología

APROBÓ


LOANA ARAUJO
Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe

COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 N° 6314

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 DIRECCION : CL 12BIS N° 16A-24
 CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
 CIUDAD : AGUACHICA
 TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : STAR PUERTO MOSQUITO
 PUNTO DE MUESTREO : EFLUENTE STAR
 CODIGO : 170227292
 LOTE : N.A.
 REGISTRO INVIMA : N.A.

TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

HORA MUESTRA : 03:19 p.m.
 MUESTREO : 31/01/2017
 RECEPCION : 01/02/2017
 INICIO ENSAYOS : 01/02/2017
 FINAL ENSAYOS : 02/02/2017
 INFORME : 02/02/2017

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato definido	1986,3x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	980,4x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRESPALACIOS
 Coordinadora de Microbiología

APROBÓ


LOANA ARAUJO
 Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe

COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 N° 6313

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 DIRECCION : CL 12BIS N° 16A-24
 CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
 CIUDAD : AGUACHICA
 TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
 LUGAR DE MUESTREO : STAR PUERTO MOSQUITO
 PUNTO DE MUESTREO : 100 MTS AGUAS ABAJO CAÑO EL CRISTO
 CODIGO : 170227291
 LOTE : N.A.
 REGISTRO INVIMA : N.A.

HORA MUESTRA : 03:47 p.m.
 MUESTREO : 31/01/2017
 RECEPCION : 01/02/2017
 INICIO ENSAYOS : 01/02/2017
 FINAL ENSAYOS : 02/02/2017
 INFORME : 02/02/2017

TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato definido	2419,6x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	1299,7x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRESPALACIOS
 Coordinadora de Microbiología

APROBÓ


LOANA ARAUJO
 Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe

COD: RO-104 Ver: 04 del 15 de Febrero de 2016

CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 N° 6312

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 DIRECCION : CL 12BIS N° 16A-24
 CONTACTO : JULIETH PAOLA URIBE SERRANO
 CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065896878
 CIUDAD : AGUACHICA
 TELEFONO : 3162770732

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
 LUGAR DE MUESTREO : STAR PUERTO MOSQUITO
 PUNTO DE MUESTREO : 100 MTS AGUAS ARRIBA CAÑO EL CRISTO
 CODIGO : 170227290
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 04:28 p.m.
 MUESTREO : 31/01/2017
 RECEPCION : 01/02/2017
 INICIO ENSAYOS : 01/02/2017
 FINAL ENSAYOS : 02/02/2017
 INFORME : 02/02/2017

ANALISIS	METODO - TECNICA	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato definido	2419,6x10 ⁴
Escherichia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 D - Sustrato definido	866,4x10 ⁴

NOTA :

Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado

(A): Acreditado (S): Subcontratado

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marcaque verifica su autenticidad.

Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

REVISÓ


VALERIA TRESPÁCTOS
 Coordinadora de Microbiología

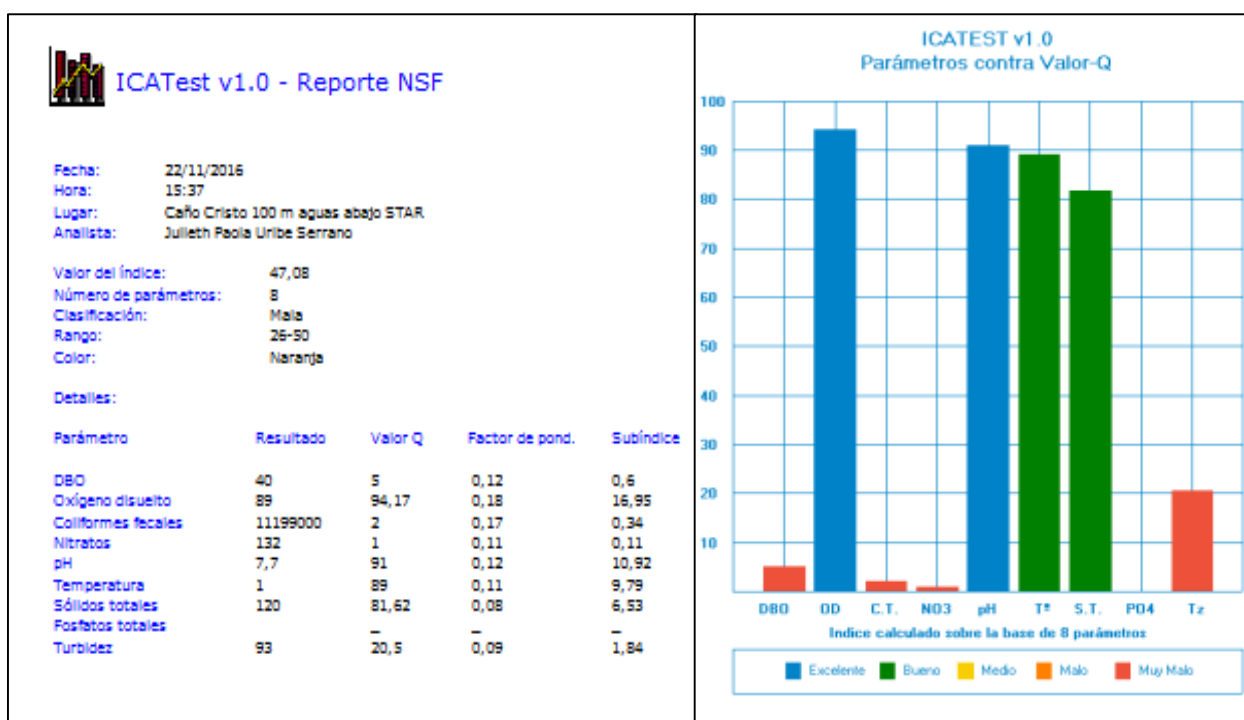
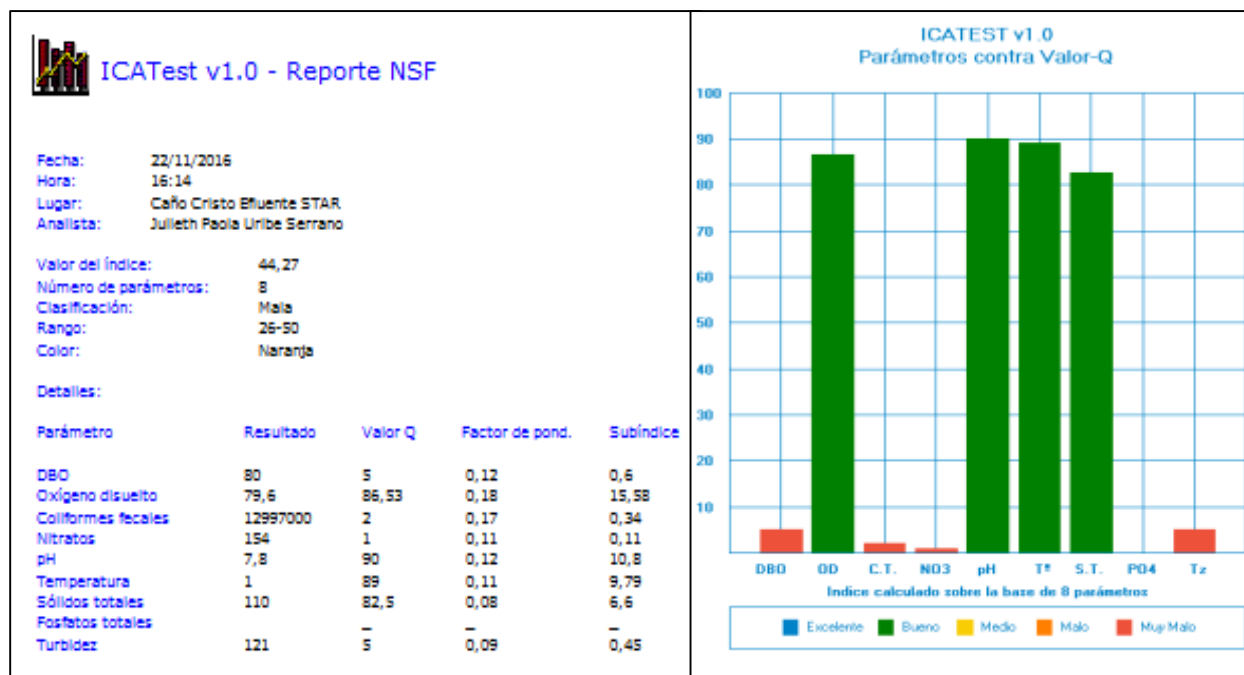
APROBÓ

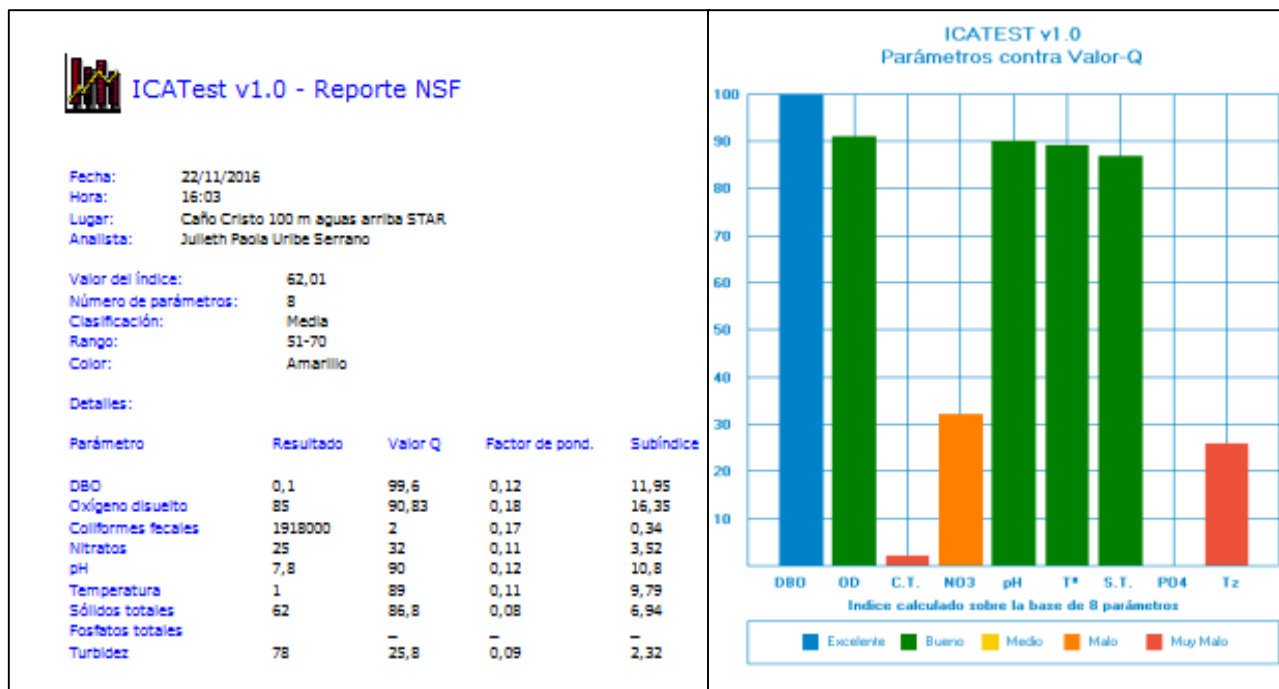

LOANA ARAUJO
 Coordinadora de Laboratorio

Fin de Informe

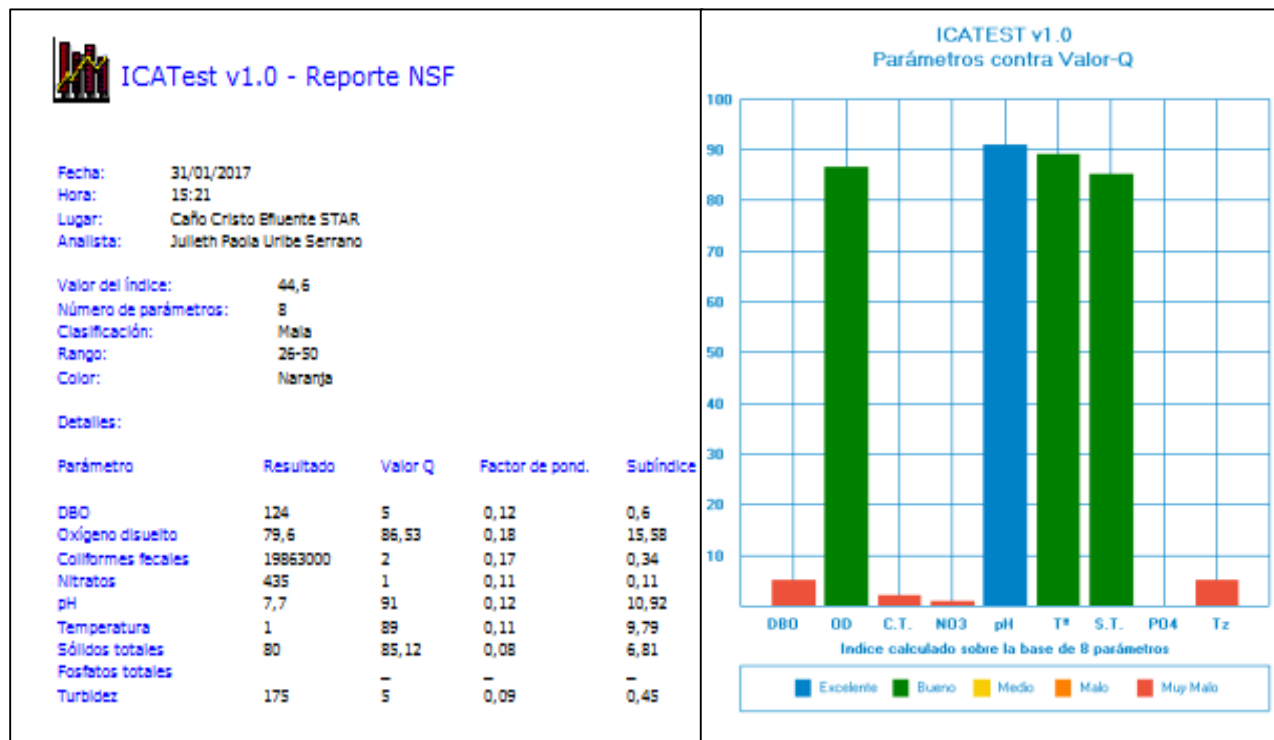
Apéndice 4. Reportes ICA WQI-NSF

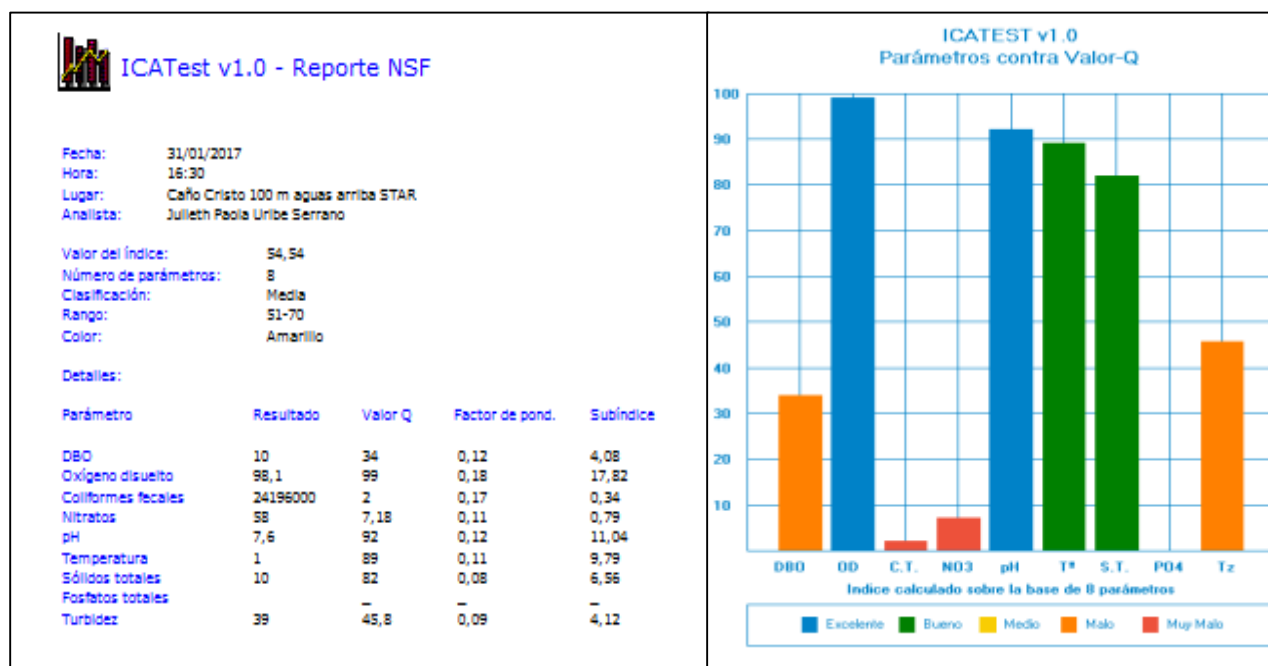
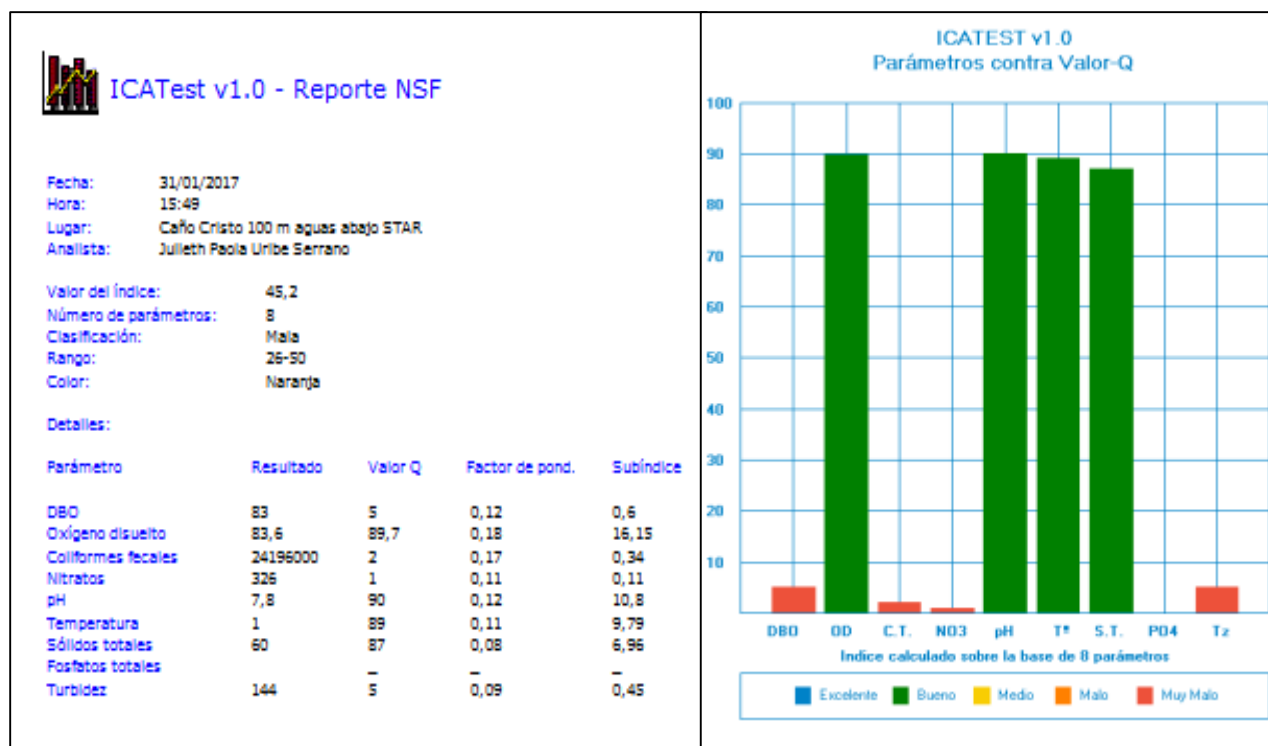
Índice de Calidad del Agua en Periodo Lluvioso





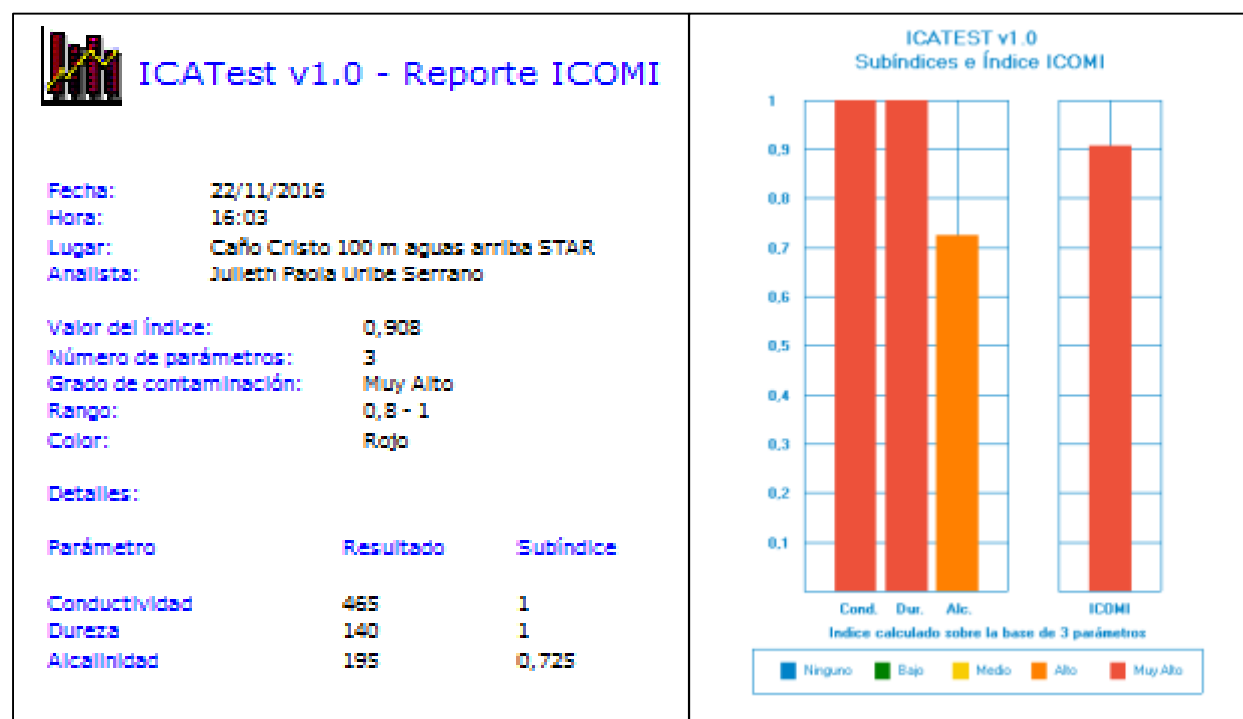
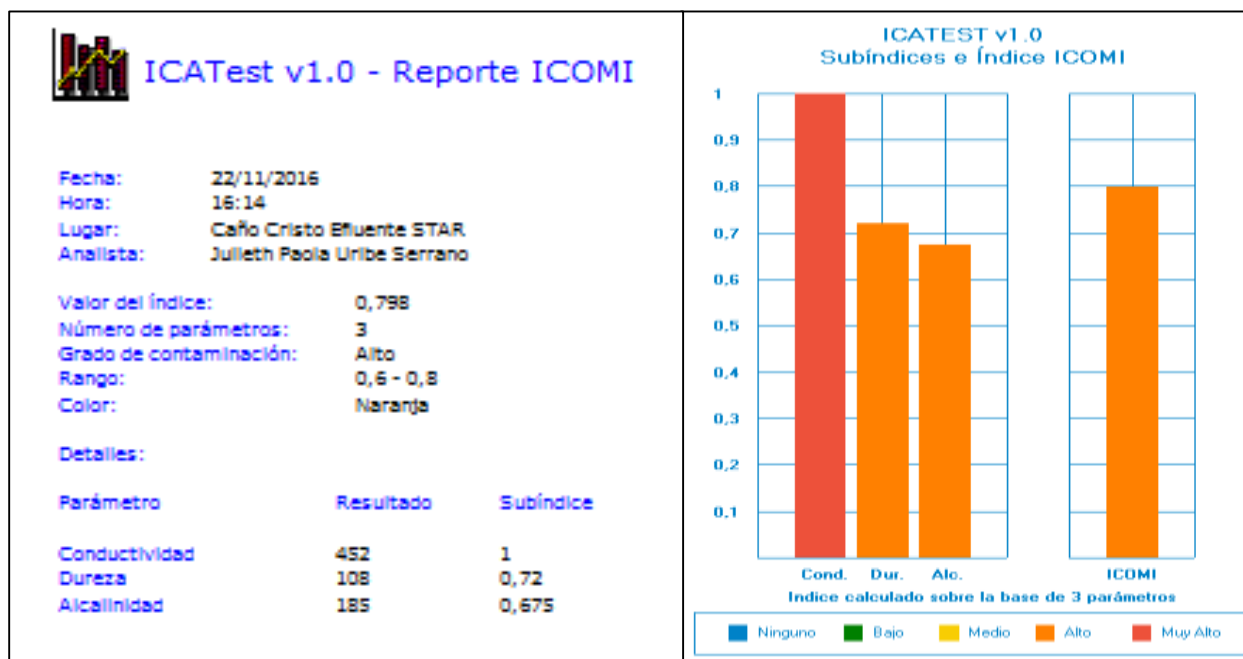
Índice de Calidad del Agua en Periodo Seco

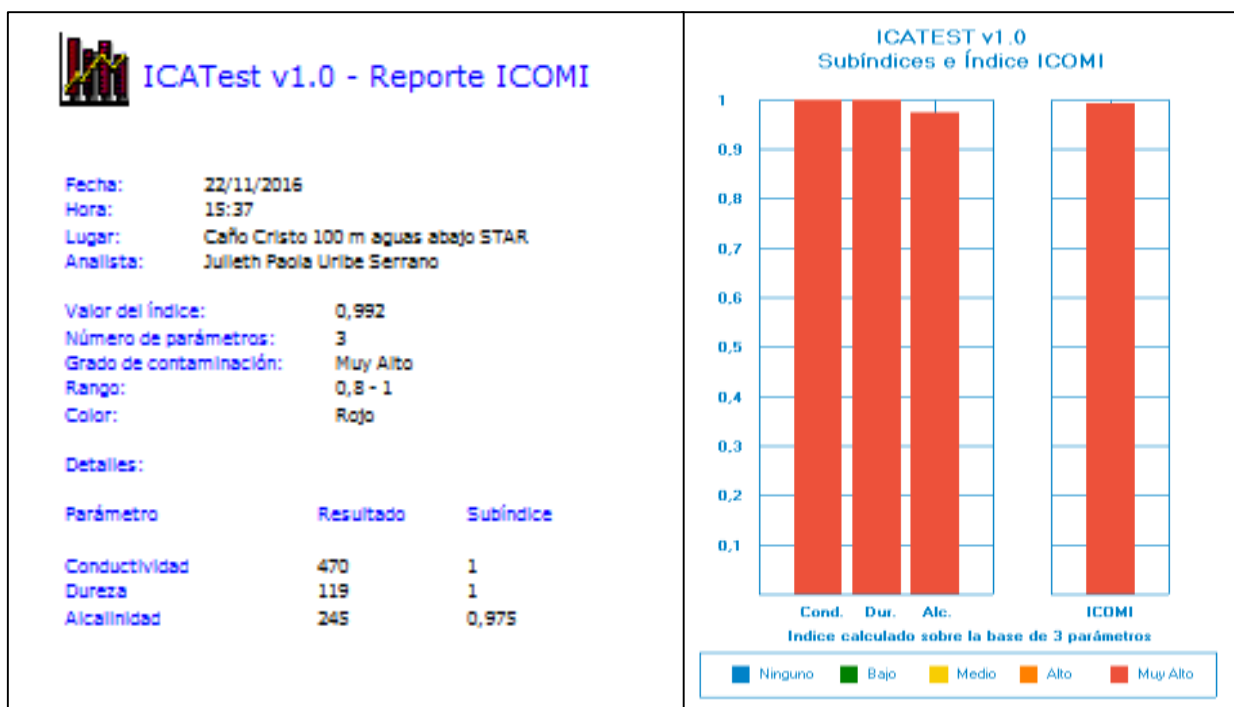




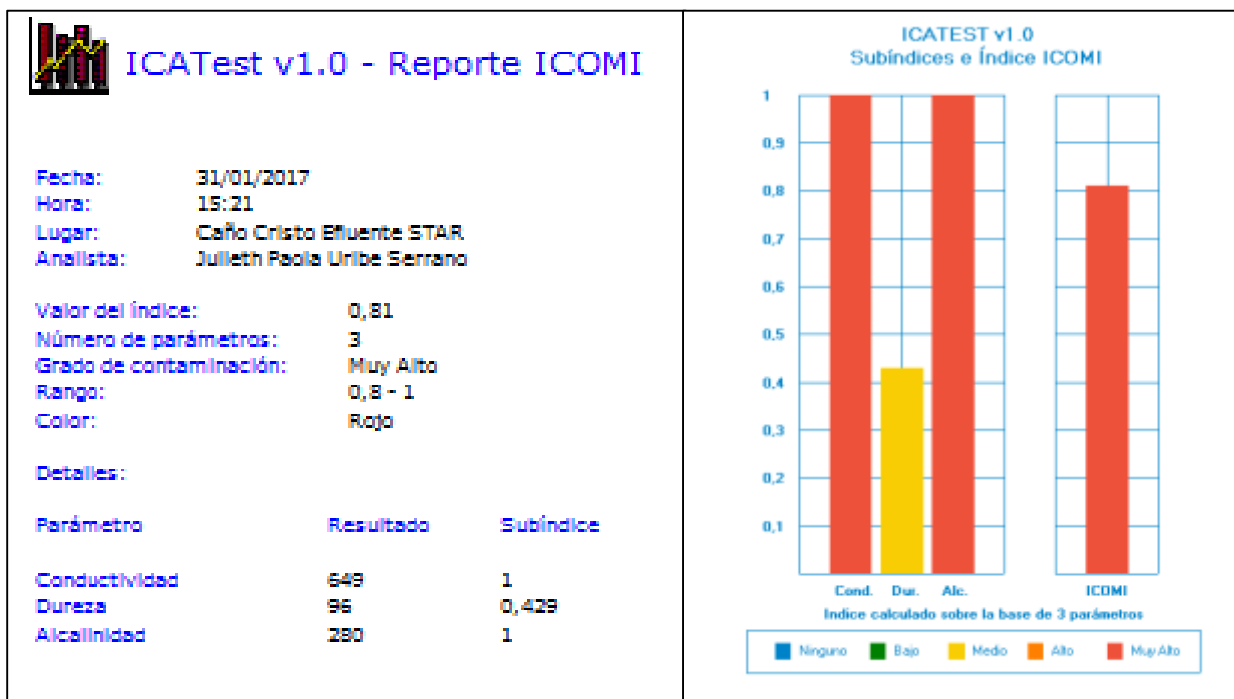
Apéndice 5. Reportes Índices ICOs

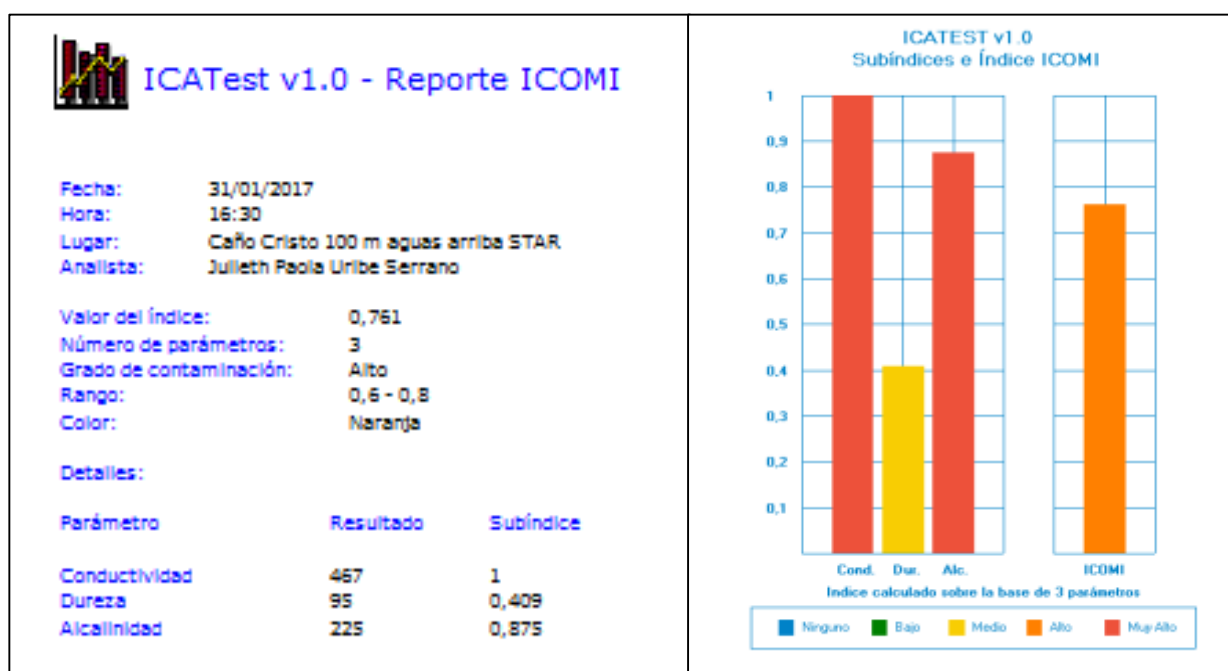
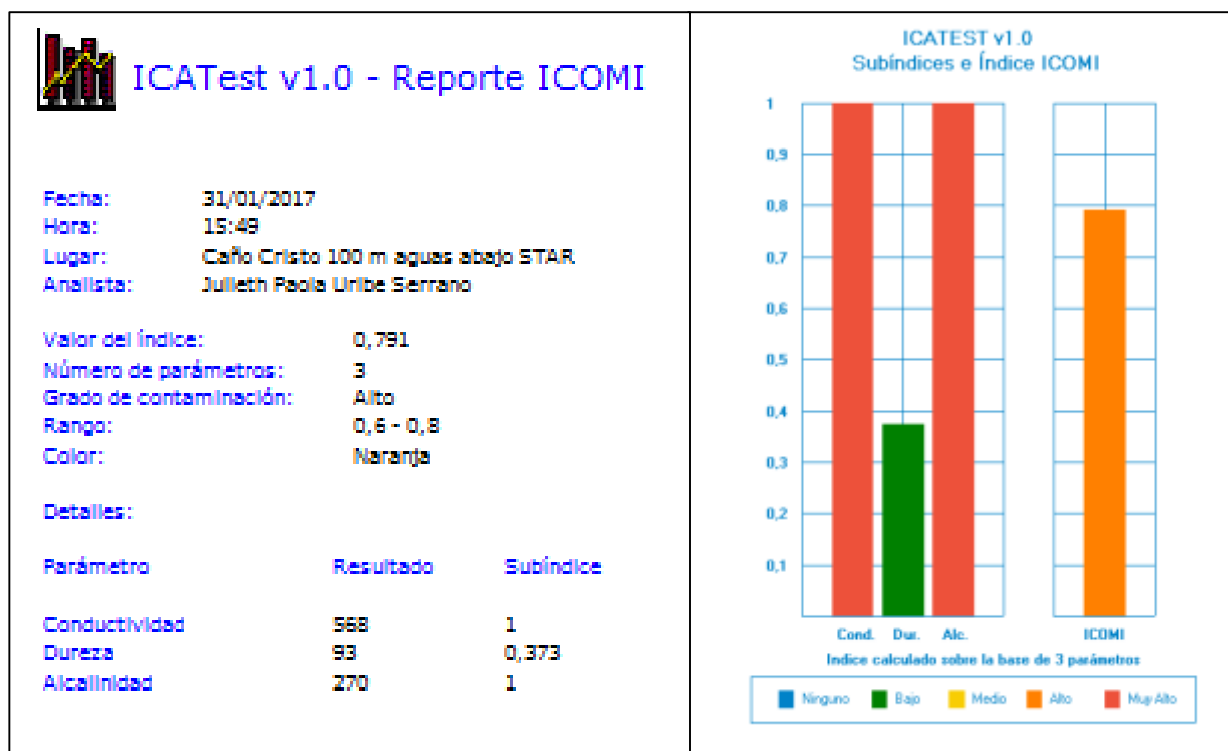
ICOMI Período Lluvioso



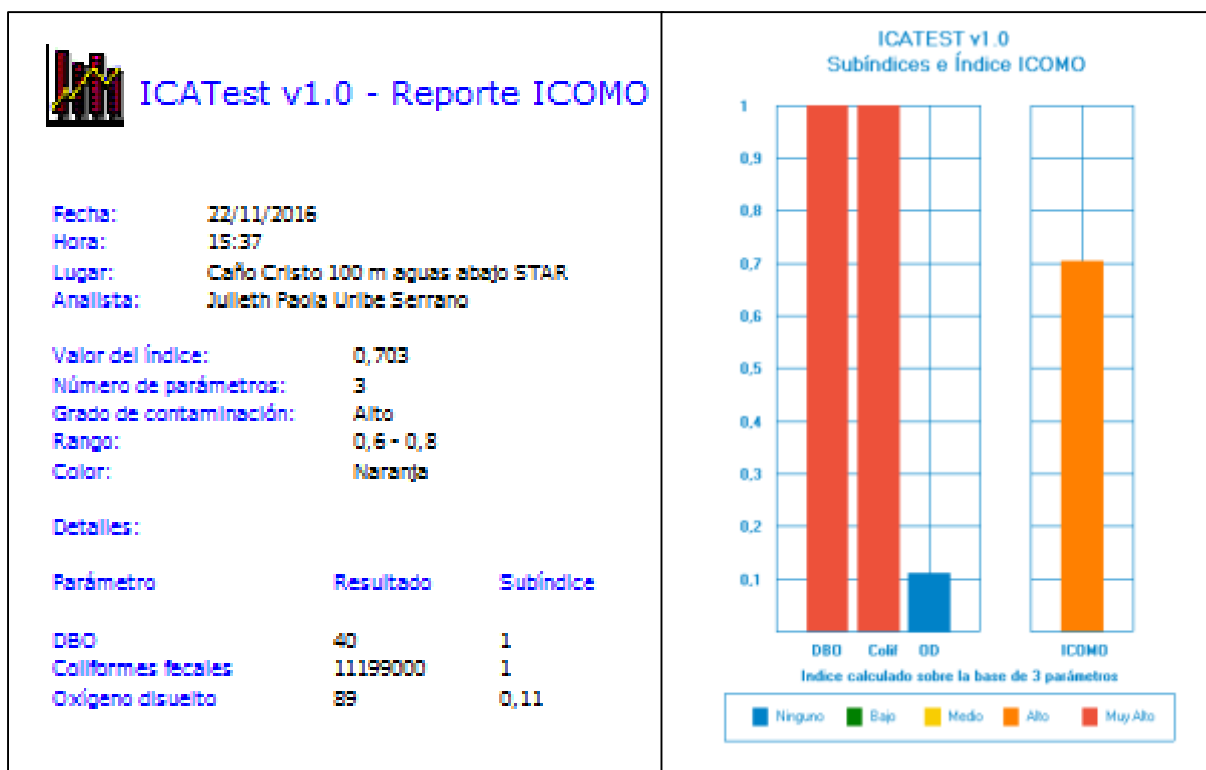
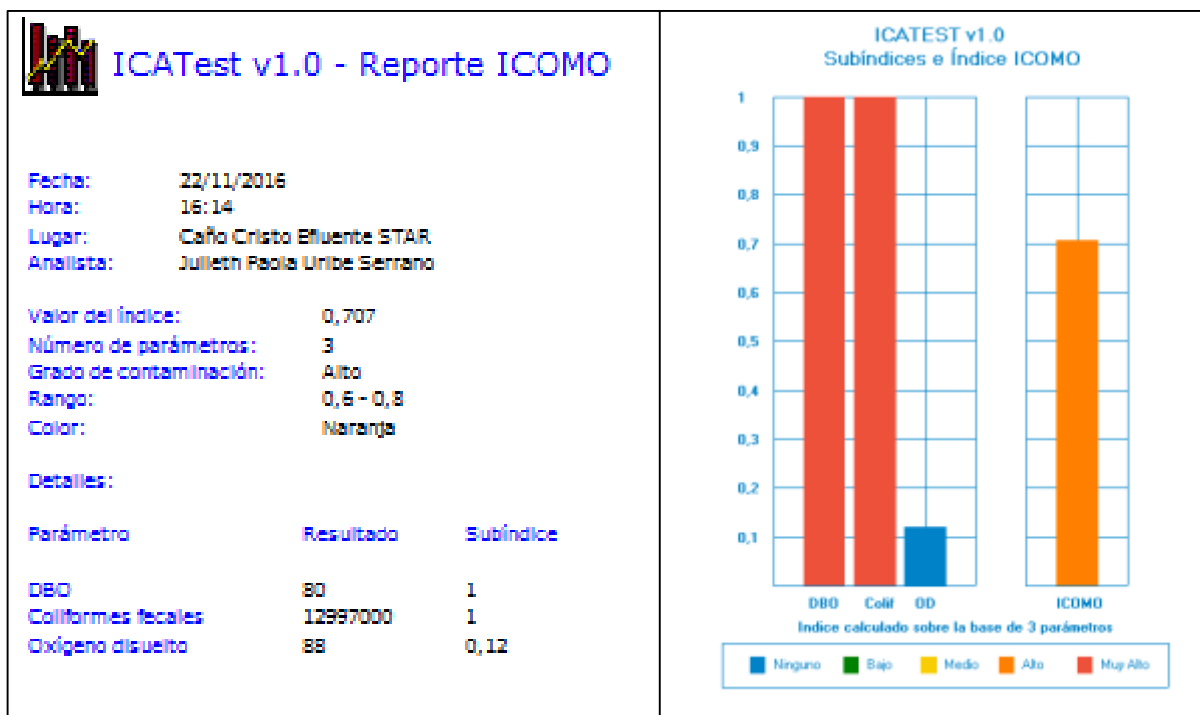


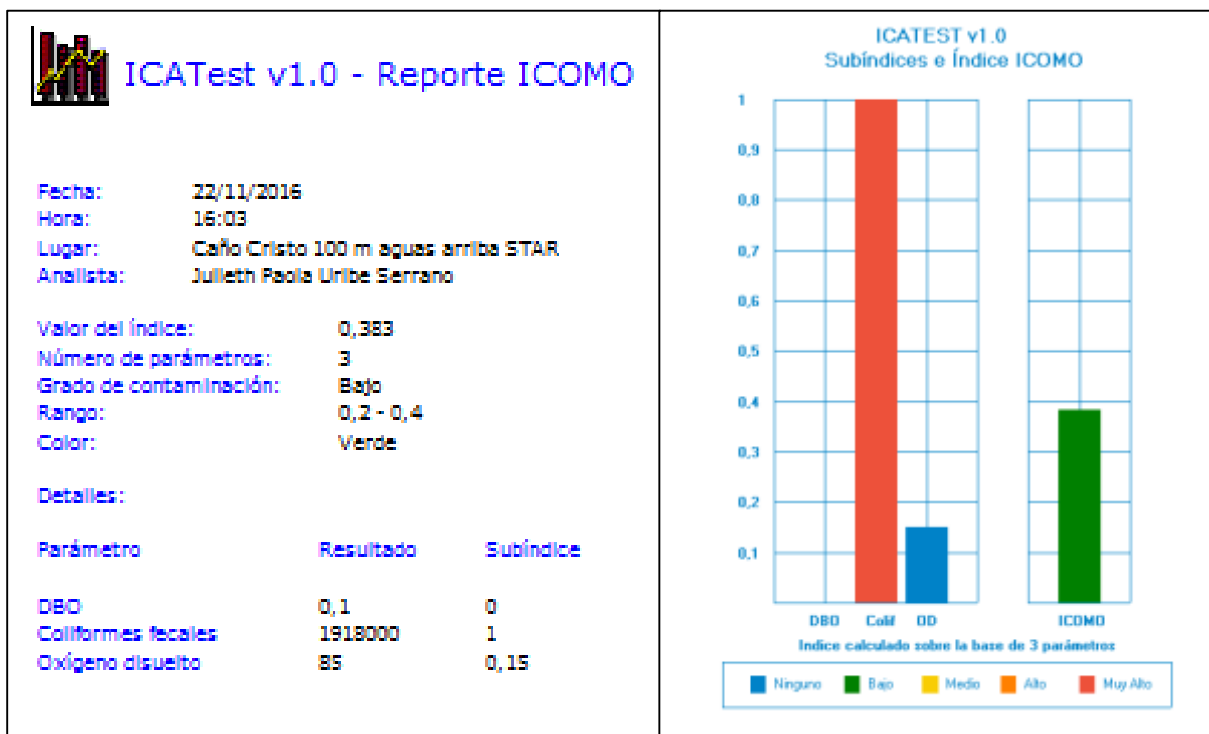
ICOMI Periodo Seco



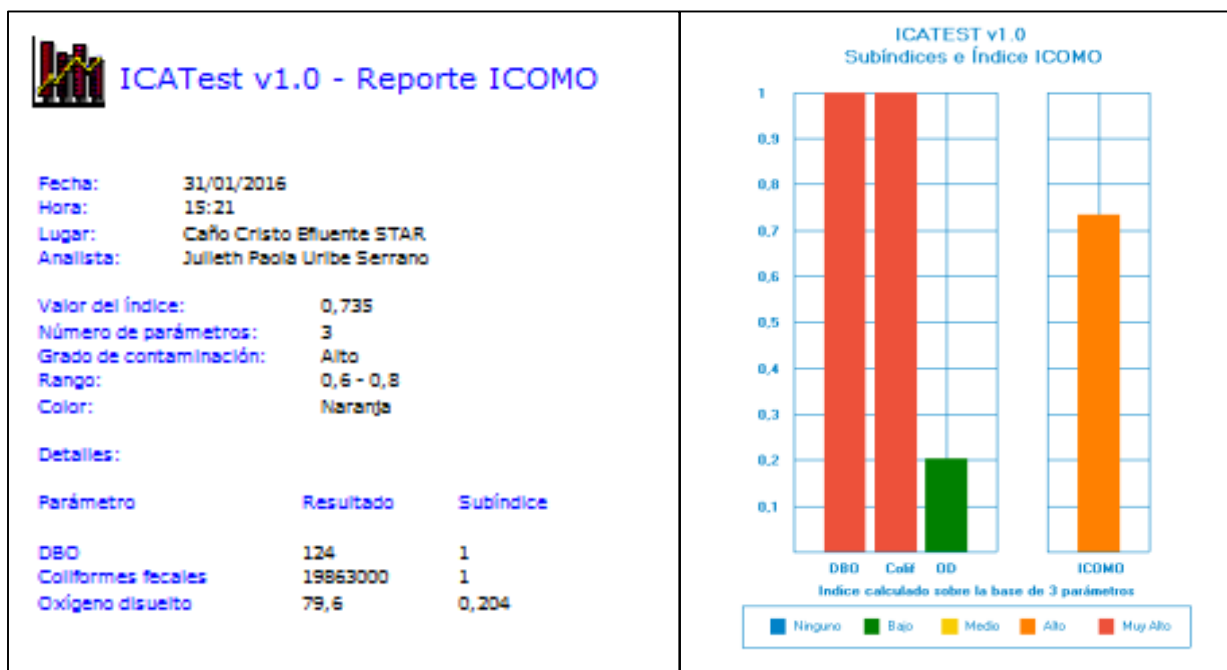


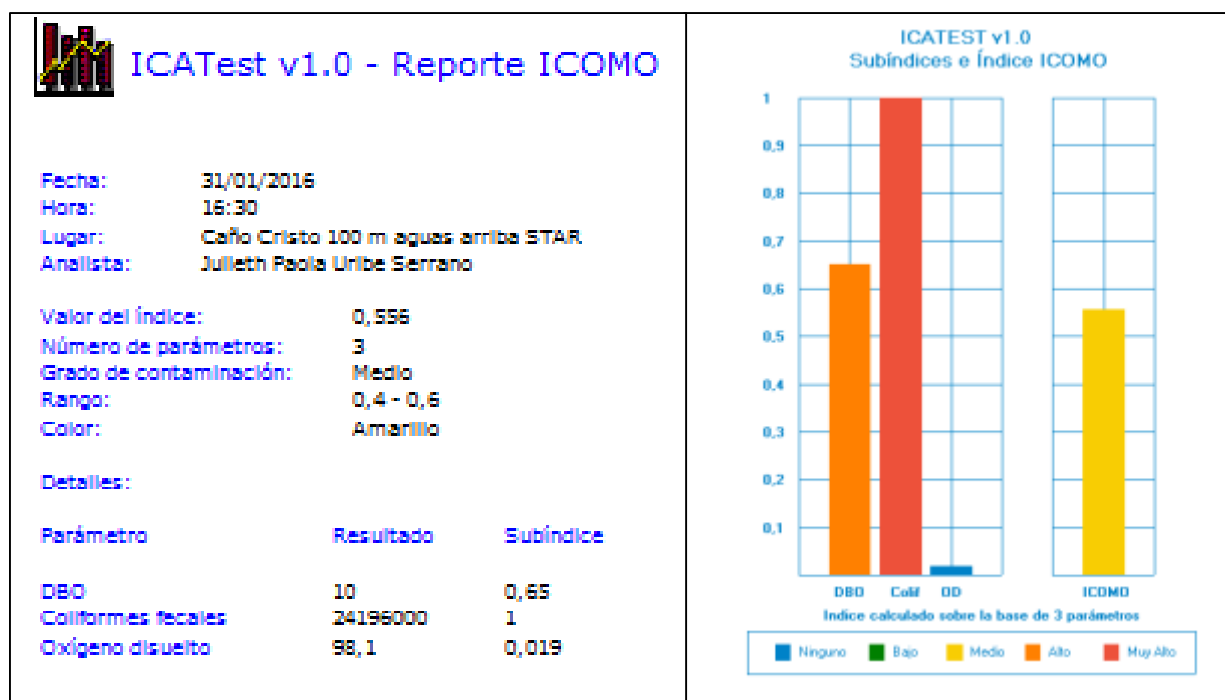
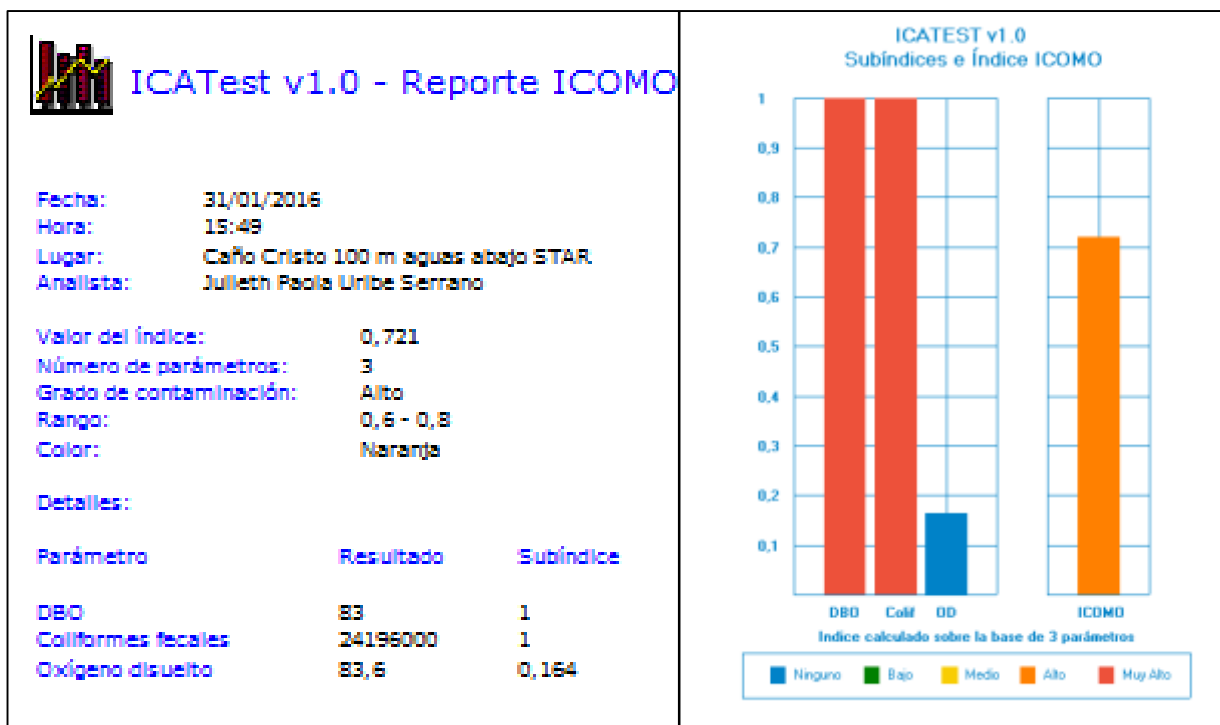
ICOMO Período Lluvioso



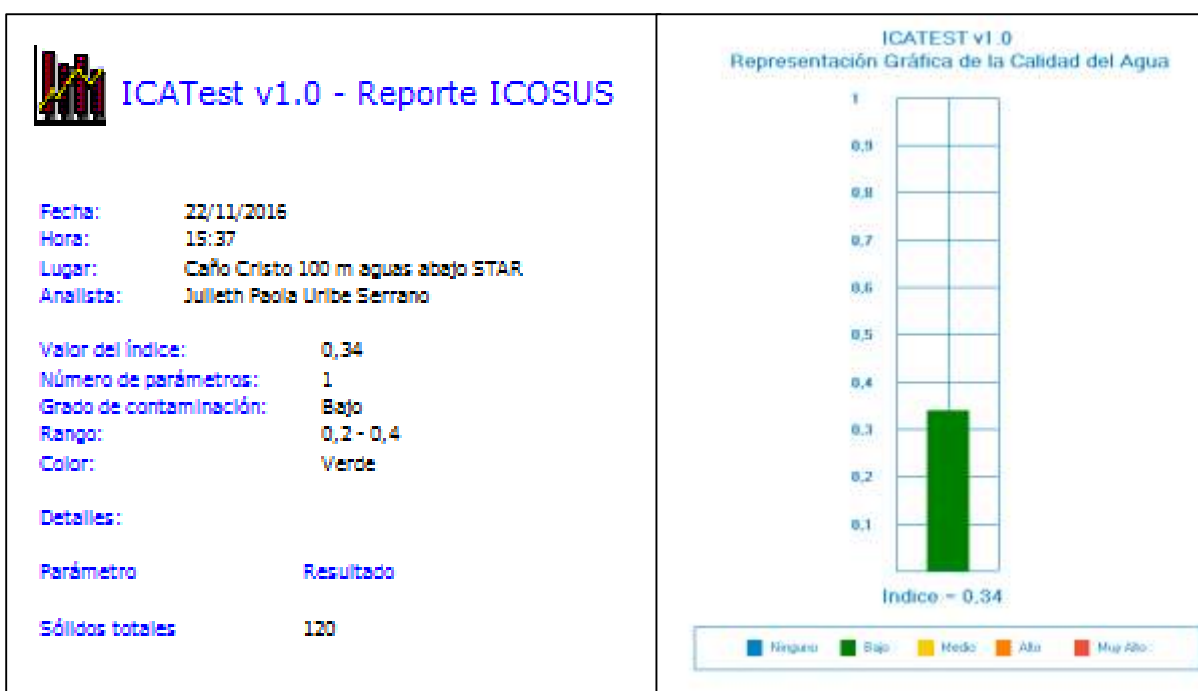
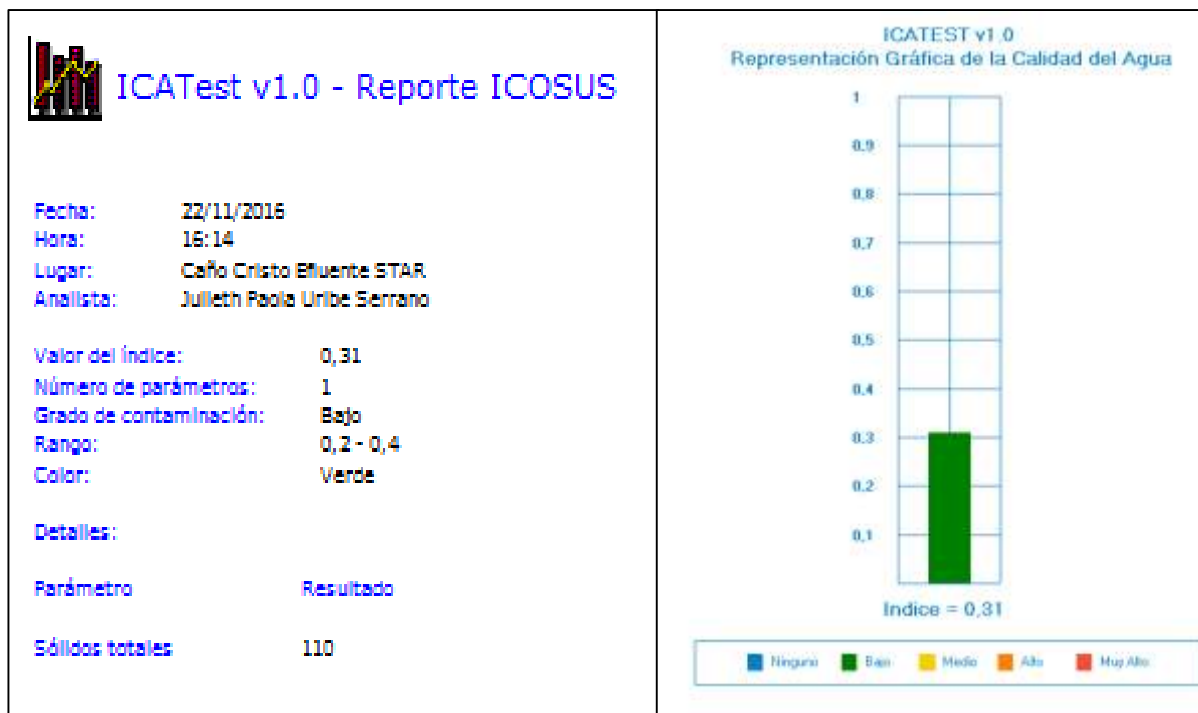


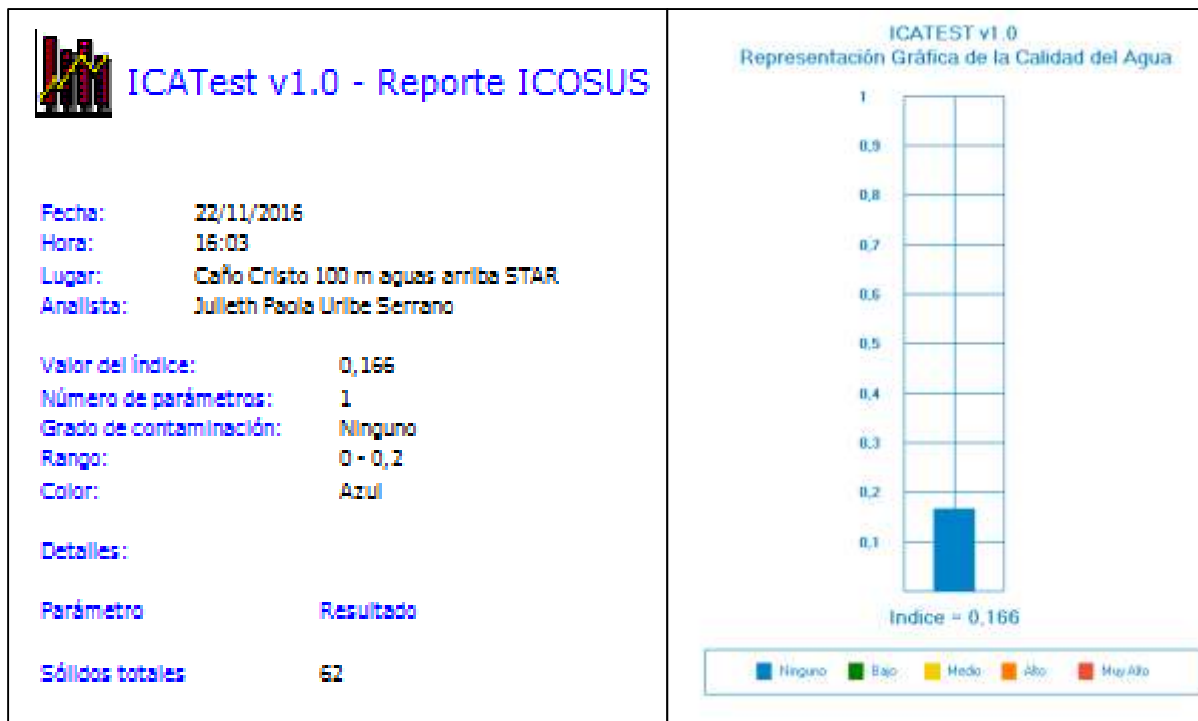
ICOMO Periodo Seco



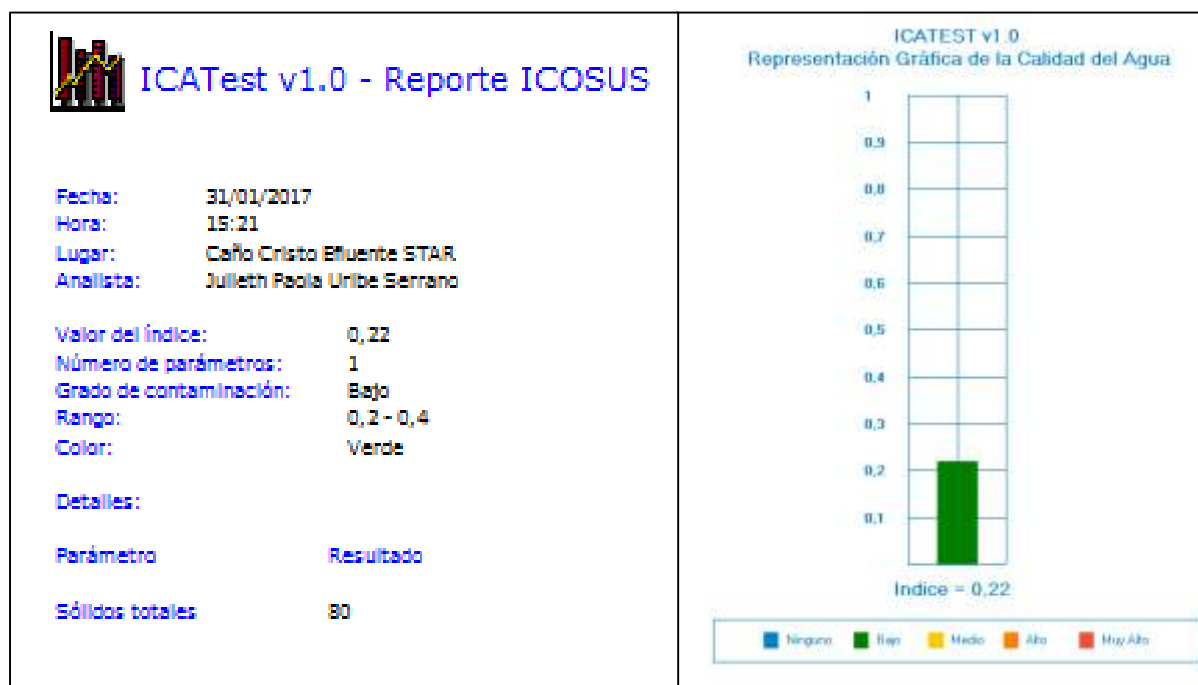


ICOSUS Periodo Lluvioso





ICOSUS Periodo Seco





ICATEST v1.0 - Reporte ICOSUS

Fecha: 31/01/2017
Hora: 15:49
Lugar: Caño Cristo 100 m aguas abajo STAR
Analista: Jullieth Paola Uribe Serrano

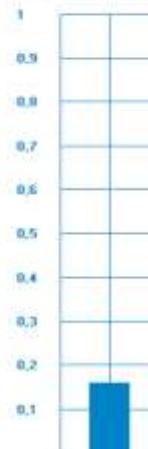
Valor del índice: 0,16
Número de parámetros: 1
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

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

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

ICATEST v1.0 Representación Gráfica de la Calidad del Agua



■ Ninguno ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy Alto



ICATEST v1.0 - Reporte ICOSUS

Fecha: 31/01/2017
Hora: 16:30
Lugar: Caño Cristo 100 m aguas arriba STAR
Analista: Jullieth Paola Uribe Serrano

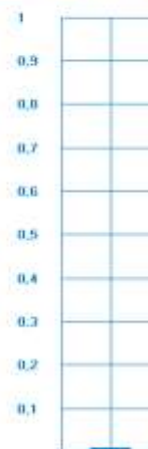
Valor del índice: 0,01
Número de parámetros: 1
Grado de contaminación: Ninguno
Rango: 0 - 0,2
Color: Azul

Detalles:

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

Sólidos totales	10
-----------------	----

ICATEST v1.0 Representación Gráfica de la Calidad del Agua



■ Ninguno ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy Alto

Apéndice 6. Registro fotográfico del recorrido por el cauce del caño Cristo.









