

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia		Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(86)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTOR	CÉSAR EDUARDO SOLANO PEDROZA
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	ING. LUISA FERNANDA ARÉVALO NAVARRO
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DE LOS RÍOS TEJO Y CHIQUITO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COMO INSUMO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU)

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL AGUA POTABLE ES CONSIDERADA UNO DE LOS DERECHOS FUNDAMENTALES PARA EL SUBSISTIR DE LAS POBLACIONES, ES EL RECURSO NATURAL MÁS IMPORTANTE EN LA VIDA Y EL DESARROLLO DEL PLANETA, DE AHÍ NACE SU DOBLE VALOR, NO SOLO LE ES NECESARIA AL SER HUMANO PARA SUBSISTIR, COMO FUENTE DE VIDA, SINO QUE CADA VEZ ES MÁS IMPORTANTE EN EL DESARROLLO DE SUS DIFERENTES ACTIVIDADES ECONÓMICAS RELACIONADAS CON UN BUEN VIVIR, AGRICULTURA, GANADERÍA, INDUSTRIA, ENERGÍA, ETC.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 86	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
-------------	---------	----------------	-----------



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

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DE LOS RÍOS
TEJO Y CHIQUITO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COMO
INSUMO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA
(ICAU)

AUTOR:

CÉSAR EDUARDO SOLANO PEDROZA

CÓD: 161751

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

DIRECTOR:

ING. LUISA FERNANDA ARÉVALO NAVARRO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Tabla de contenido

Introducción	xi
Capítulo 1. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) de los Ríos Tejo y Chiquito, Municipio de Ocaña, Norte de Santander, como Insumo para el Cálculo del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación	3
1.5 Delimitaciones	4
1.5.1 Delimitación geográfica	4
1.5.2 Delimitación temporal.....	5
1.5.3 Delimitación conceptual.....	5
1.5.4 Delimitación operativa	6
Capítulo 2. Marco referencial.....	7
2.1 Marco histórico	7
2.2 Marco contextual	10
2.3 Marco conceptual.....	11

2.3.1 Índice de calidad del agua (ICA):	11
2.3.2 Índice de calidad ambiental urbana (ICAU):	11
2.4 Marco teórico	16
2.5 Marco legal	19
2.5.1 Leyes	20
2.5.2 Decretos.....	21
2.5.3 Resoluciones.....	23
Capítulo 3. Diseño metodológico	25
3.1 Tipo de investigación.....	25
3.1.1 Metodología de la investigación	25
3.1.2 Metodología del cálculo del indicador, dado en el documento base (ICAU)	26
3.2 Población y muestra.....	31
3.2.1 Población.....	31
3.2.2 Muestra.....	31
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información	32
Capítulo 4. Administración del proyecto.....	34
4.1 Recursos humanos	34
4.1.1 Investigador del proyecto	34
4.1.2 Directora de investigación.....	34
4.2 Recursos disponibles.....	34

4.2.1 Recursos institucionales	34
4.3 Cronograma	35
4.4 Recursos financieros	36
Capítulo 5. Resultados.....	37
5.1 Diagnosticar la situación ambiental actual de los Ríos Tejo y Chiquito	37
5.1.1 Caracterización socio-ambiental de los Ríos Tejo y Chiquito	37
5.1.2 Encuestas a las familias aledañas a las fuentes hídricas.....	41
5.2 Determinar los parámetros fisicoquímicos: Oxígeno Disuelto, DBO ₅ , pH, DQO, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, Sólidos totales y microbiológicos (Coliformes) de los Ríos Tejo y Chiquito mediante análisis de laboratorio	42
5.2.1 Identificación de los puntos para realizar el muestreo y los aforos	42
5.3 Calcular la calidad del agua de los Ríos Tejo y Chiquito mediante el uso de la hoja metodológica del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU).....	48
Capítulo 6. Conclusiones.....	53
Capítulo 7. Recomendaciones.....	55
Referencias	56
Apéndices.....	63

Lista de figuras

Figura 1. Variables y ponderación para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) con 5 variables.....	27
Figura 2. Variables y ponderación para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) con 6 variables.....	27
Figura 3. Diagrama de las familias encuestadas en el Río Tejo.....	41
Figura 4. Diagrama de las familias encuestadas en el Río Chiquito.....	42
Figura 5. Diagrama de los caudales en cada mes.....	45
Figura 6. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Tejo, hecha antes de la captación, Bocatoma La Tupia.....	47
Figura 7. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Tejo, hecha en el Puente del Barrio El Tejarito.....	47
Figura 8. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Chiquito, hecha en el Puente de la calle 12, Barrio Bruselas.....	48

Lista de tablas

Tabla 1	Descriptor del IDEAM y calificación del ICAU para interpretar la calidad del agua	30
Tabla 2	Cronología de las actividades para el desarrollo del proyecto	35
Tabla 3	Elementos y presupuesto general del proyecto	36
Tabla 4	Aforos en los Ríos Tejo y Chiquito	44
Tabla 5	Coordenadas de los sitios donde se tomaron las muestras de agua	45
Tabla 6	Subíndices de Calidad	50
Tabla 7	Índice de Calidad del Agua por cada muestra	51
Tabla 8	ICApromedio de cada Río	52

Lista de apéndices

Apéndice 1. Solicitud a la UFPSO para los servicios del Laboratorio de Aguas.	63
Apéndice 2. Solicitud a ESPO S.A. para realizar un muestreo antes de la captación en la bocatoma La Tupia conocida como "Planta el Llanito".	64
Apéndice 3. Resultados de los análisis de las muestras de agua suministradas por el Laboratorio de Aguas.	65
Apéndice 4. Modelo de las etiquetas utilizadas para rotular las muestras de agua de los Ríos Tejo y Chiquito.	68
Apéndice 5. Modelo de las encuestas realizadas a las familias aledañas a los Ríos Tejo y Chiquito.	69
Apéndice 6. Respuestas de las encuestas realizadas a las familias aledañas de los Ríos Tejo y Chiquito.	71
Apéndice 7. Registro fotográfico.	73

Introducción

El Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU) se compone de indicadores simples que reflejan la situación ambiental de las áreas urbanas y cuya información principal puede y debería ser extraída de instrumentos de planeación ambiental o territorial; dentro de él encontramos el Índice de Calidad del Agua (ICA) el cual es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua.

Esta investigación nace de la necesidad de determinar el ICAU del municipio de Ocaña y es por esto que se busca conocer la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales que hay dentro del perímetro urbano, de ahí que mi objetivo es la determinación del Índice de Calidad del Agua de los Ríos Tejo y Chiquito, las cuales son fuentes hídricas que discurren a lo largo del municipio.

Para esto, se requiere hacer un diagnóstico socio-ambiental de cada uno de los Ríos y a su vez determinar los parámetros fisicoquímicos como: el Oxígeno Disuelto (OD), la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), el Potencial de Hidrogeno (pH), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Nitratos, los Fosfatos, la Turbidez, Conductividad Eléctrica (CE) los Sólidos Totales y microbiológicos (los Coliformes), para así, con ellos, hacer uso de la hoja metodológica del ICAU para el cálculo de la calidad del agua en corrientes superficiales; esta investigación se pretende abordar desde un enfoque cuantitativo, ya que este se basa en la inducción probabilística y además los tipos de datos que podemos obtener de este estudio nos muestran que son sólidos y pueden ser repetibles

en cualquier momento al realizar otra investigación; también se abordara desde un alcance descriptivo ya que se pretende medir y recoger información de manera independiente.

Capítulo 1. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) de los Ríos Tejo y Chiquito, Municipio de Ocaña, Norte de Santander, como Insumo para el Cálculo del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)

1.1 Planteamiento del problema

Colombia es un país rico hídricamente, esto gracias a que anualmente se presenta una precipitación de 3000 mm lo que nos hace ser megadiversos en recursos de fauna y flora y tener un gran potencial en agua dulce (Ramírez, 2003).

El departamento Norte de Santander se encuentra ubicado en la Región Andina, la cual es una de las cinco regiones que componen el territorio colombiano, en ella se puede apreciar gran variedad de mesetas, lagos, lagunas, nevados, valles, cañones y posee una gran cantidad de nacimientos de ríos que recorren las diversas regiones del país (colombianparadise, 2020), la Cuenca Río Tejo y la Microcuenca Río Chiquito se encuentran ubicadas geográficamente dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, estas fuentes hidrográficas hacen parte de la cuenca hidrográfica Caribe, en la zona del Catatumbo (POMCA RÍO ALGODONAL, 2014).

Los Ríos Tejo y Chiquito en los últimos años se han visto afectados por el crecimiento de la población en cercanías a los mismos, lo cual ha generado unos grandes vertimientos de aguas residuales domésticas, trayendo consigo una disminución en los caudales y a su vez una gran pérdida de biodiversidad a nivel de fauna y flora acarreado una disminución significativa en la calidad del agua de dichas fuentes hídricas.

El Río Tejo es muy importante para la población del municipio de Ocaña ya que surte la planta de tratamiento de agua potable ubicada en el Llanito (barrio de Ocaña) tal como lo dicen (Ingrith Catalina Díaz Flórez, Hemell Fabián Quintero Vega, Yeeny Lozano, Luis Carlos Fonseca Herreño & Diana Milena Valdés Solano, 2017), el cual, es de gran provecho puesto que provee este preciado recurso hídrico en condiciones óptimas a cierta parte del municipio.

1.2 Formulación del problema

¿Qué condición de calidad de agua presentan los Ríos Tejo y Chiquito para determinar su uso e implementarlo como insumo en el cálculo del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar el Índice de Calidad del Agua de los Ríos Tejo y Chiquito del municipio de Ocaña, Norte de Santander como insumo para el cálculo del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación ambiental actual de los Ríos Tejo y Chiquito.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos Oxígeno Disuelto, DBO₅, pH, DQO, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales y microbiológicos (Coliformes) de los Ríos Tejo y Chiquito mediante análisis de laboratorio.
- Calcular la calidad del agua de los Ríos Tejo y Chiquito mediante el uso de la hoja metodológica del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU).

1.4 Justificación

El agua potable es considerada uno de los derechos fundamentales para el subsistir de las poblaciones, es por esto, que se debe tener datos claros acerca de la calidad del agua de las fuentes abastecedoras de los principales sitios de captación, ya que este arrojará que tipo de contaminación poseen estas fuentes hídricas y que concentraciones se podrán efectuar en el tratamiento de la misma.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario conocer sus características, usos, situación ambiental actual, y pronósticos para proteger el recurso y la salud de las personas que rodean estas fuentes hídricas, los cuales se abastecen del Río Tejo que es la fuente de agua de la planta de tratamiento de agua potable el Llanito (barrio del municipio de Ocaña).

Para la determinación del índice de calidad del agua en los Ríos Tejo y Chiquito se hará uso de la hoja metodológica del ICAU, ya que esta nos permite evaluar los cuerpos de agua, esta metodología incluye los siguientes parámetros: Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, DBO₅, pH, DQO, Conductividad eléctrica, Fosfatos, Nitrógeno total y Sólidos totales, los cuales nos resumen la calidad del agua (ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU), 2016).

En el Decreto 475 de 1998 en su artículo 7°, establece los valores permisibles de los parámetros para el suministro de agua potable, pudiendo así, determinar qué tan apta es el agua de los Ríos Tejo y Chiquito para el consumo humano (Decreto 475, 10 de marzo, 1998).

El resultado de esta investigación contribuirá como insumo en la determinación del ICAU Ocaña y además en la gestión para la implementación de técnicas adecuadas de desinfección que sigan propiciando y garantizando la integridad de la salud de la comunidad.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación geográfica

El municipio de Ocaña se encuentra ubicado en la región occidental del departamento Norte de Santander, siendo sus coordenadas geográficas las siguientes:

Longitud Oeste de Greenwich 73° 21' 28"

Latitud Norte 8° 14' 11"

Entre los límites del municipio encontramos:

Norte: Municipio de Teorama, Convención, y El Carmen.

Sur: Departamento del Cesar.

Este: Municipios de Abrego, La Playa y San Calixto.

Oeste: Departamento del Cesar.

La ciudad de Ocaña se encuentra ubicada en un piso térmico templado con una temperatura no inferior a los 17°C, con tendencia a frío y calor, su temperatura promedio es de 22°C (Ocaña terruño de paz, 2008).

1.5.2 Delimitación temporal

La ejecución de este proyecto tendrá un tiempo estimado de cuatro (4) meses en el cual se pretende lograr los objetivos propuestos.

1.5.3 Delimitación conceptual

Se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

- Agua Potable
- Índice de Calidad del Agua (ICA)
- Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua
- Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)

- Ocaña
- Cuenca Hidrográfica
- Microcuenca Hidrográfica
- Río

1.5.4 Delimitación operativa

La investigación se llevará a cabo en los Ríos Tejo y Chiquito, en sitios específicos de ambas fuentes, haciendo uso de la hoja metodológica del ICAU con el fin de determinar los parámetros de: Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, DBO₅, pH, DQO, Conductividad eléctrica, Nitrógeno total y Sólidos totales, los cuales serán llevados al laboratorio para hallar la calidad del agua.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

El agua es el recurso natural más importante en la vida y el desarrollo del planeta, de ahí nace su doble valor, no solo le es necesaria al ser humano para subsistir, como fuente de vida, sino que cada vez es más importante en el desarrollo de sus diferentes actividades económicas relacionadas con un buen vivir, agricultura, ganadería, industria, energía, etc. La necesidad de agua en condiciones dignas en el mundo va en un ascenso desmedido, ya que el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el aumento de la producción y del consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor. No obstante, hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte este recurso hídrico en unos años estará contaminada. La crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza mucho más que de recursos disponibles, pues el mundo no se está «quedando sin agua», pero no siempre está disponible donde y cuando se necesita (Torre, 2015).

Se cree que la disponibilidad para el ser humano de las fuentes de agua dulce depende de cómo se distribuye en los diferentes compartimentos del planeta, se ha llegado a estimar que el suministro total de agua dulce disponible para los humanos y ecosistemas es de 200.000 km³ de agua, solo el 0,01 % del agua total en el planeta (Shiklomanov, 1999).

En América Latina y el Caribe la gestión del agua se enfrenta en la última década a desafíos cada vez más complejos, relacionados con la disminución de glaciares y variación de patrones pluviométricos a causa del cambio climático. La gestión hídrica en América Latina y el Caribe se vuelve progresivamente más compleja. Ante los desafíos planteados por el mundo actual, deben ser desarrolladas, implementadas y replicadas buenas prácticas de gestión sostenible (UNESCO, 2019).

Algunos de los programas que se han podido crear para la optimización del recurso hídrico son: Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, con el apoyo de UNESCO Lima, UTEC y el proyecto RAHU han convocado implementadores de técnicas de gestión sostenible del agua y profesionales que hayan realizado análisis sobre la situación actual, de nueve países (Perú, Bolivia, Jamaica, Chile, Costa Rica, Honduras, México, Colombia y Venezuela), que compartieron tanto técnicas modernas como tradicionales para la gestión hídrica sostenible. Es de gran importancia la presencia de profesionales de diferentes países, ya que todo conocimiento profesional que se desarrolle en pro de luchar contra el cambio climático y las sequías, necesita de un adecuado nivel de difusión para garantizar que tenga impactos reales y positivos (UNESCO, 2019).

En Colombia, el deterioro del recurso hídrico está asociado principalmente con vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola y ganadera y actividades como transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas o petróleo, aguas de extracción minera y residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en éstas. A pesar de que en promedio el 78% de la población colombiana tiene acceso a agua potable en

algunos departamentos se evidencian problemas de calidad del agua para consumo humano (IDEAM, 2001).

El mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua, la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento, la cual incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua, este se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria y el funcionamiento de toda una población (Guía para la vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2002).

Actualmente el municipio de Ocaña, Norte de Santander, cuenta con alrededor de treinta (30) áreas estratégicas que son de protección para la conservación del recurso hídrico para los habitantes del componente urbano tal como lo dice (GOV, 2019); estas áreas están encaminadas principalmente a la preservación del Río Tejo ya que este provee de agua potable a cierta parte de la población ocañera, a su vez, estas porciones de tierra estratégicas ayudan a preservar y mantener la calidad del agua y los componentes de fauna y flora.

2.2 Marco contextual

El municipio de Ocaña está ubicado en el departamento de Norte de Santander, es la capital de la provincia de Ocaña y su economía está basada en la gastronomía, la agricultura y el turismo, se sitúa en la zona nordeste y está conectado por carreteras nacionales con las ciudades de Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta (ocana-nortedesantander, 2015).

“La provincia posee el área natural única Los Estoraques, fue declarada "Bien de Interés Cultural" y "Monumento Nacional", ubicada a un kilómetro de La Playa de Belén y a 27 kilómetros de la cabecera municipal” (ocana-nortedesantander, 2015).

Demográficamente, se constituye en el segundo municipio del departamento después de Cúcuta con 129.308 habitantes (2020), incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km², que representa el 2,2% del departamento. Su altitud máxima es de 1202 m.s.n.m. y la mínima de 761 m.s.n.m. (ocana-nortedesantander, 2015).

Esta investigación se centrará en la zona urbana del municipio de Ocaña más exactamente en la cuenca del Río Tejo y la Microcuenca del Río Chiquito los cuales son principales fuentes hídricas para el municipio y el Catatumbo.

A lo largo del Río Tejo se pueden apreciar diferentes barrios los cuales no respetan la ronda hídrica y aparte de eso hacen sus vertimientos sobre el mismo, siendo este una fuente hídrica utilizada para abastecer del suministro de agua potable a cierta parte de la población; en cuanto al

Río Chiquito presenta un gran deterioro debido a vertimientos puntuales de las casas aledañas, cabe aclarar que a lo largo y ancho de estos ríos se pueden encontrar colegios, escuelas, parques, canchas y comunidad en general.

Hace algunos años el Río Tejo fue de gran importancia, ya que suplía la necesidad de agua potable de toda la población del municipio de Ocaña.

2.3 Marco conceptual

En la presente investigación se deben tener claros los siguientes conceptos, para lograr con ello un mejor entendimiento.

2.3.1 Índice de calidad del agua (ICA): Es un valor numérico que califica al recurso hídrico en una de las cinco categorías a la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo (j) en el tiempo (t); estas variables se definen bajo parámetros ya establecidos en diferentes métodos de evaluación lo cual nos da una gran ventaja para determinar la calidad del agua con mucha certeza (IDEAM, 2019).

2.3.2 Índice de calidad ambiental urbana (ICAU): Es un conjunto de acciones enmarcadas en una interacción entre humanos y ambiente la cual contribuye y muestra cómo se encuentran los centros urbanos y áreas metropolitanas dentro del desarrollo socioeconómico y el desarrollo ambiental de país (Ministerio de Ambiente, 2017).

Agua potable: Según (EPAS, 2019) se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción, debido a que, gracias a un proceso de potabilización, no representa un riesgo para la salud. El término es aplicable al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Agua cruda: El (Decreto 1575, 09 de mayo, 2007), en su artículo 2° define: es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

Parámetros fisicoquímicos del agua: Según la (Resolución 2115, 22 de junio, 2017), son aquellos procedimientos de laboratorio que se le efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas y químicas.

Parámetros microbiológicos del agua: Según la (Resolución 2115, 22 de junio, 2017), son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Cuenca hidrográfica: Es toda el área de terreno que contribuye al flujo de agua en un río o quebrada, también se conoce como el área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano (Bosque Nacional el Yunque, 2014).

Microcuenca hidrográfica: Según la (FAO, 2008) es una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación.

Río: Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal determinado y puede desembocar en el mar, un lago o en otros ríos en cuyo caso se denominan afluentes (QUÉ ES UN RÍO, 2015).

Coliformes: Son Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura 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 la “b” galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (Resolución 2115 LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA, 2007).

Oxígeno disuelto (OD): Es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática (Universidad Complutense de Madrid, 2014, págs. 2-3).

Demanda biológica de oxígeno (DBO₅): Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y

plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mgO_2/l (D.Q.O, 1974).

Con carácter general, cuanta más contaminación, más DBO. Algunos valores de referencia en función del tipo del agua pueden ser:

- Pura: entre 2 y 20 mg/l
- Poco contaminada entre 20 y 100 mg/l
- Medianamente contaminada entre 100 y 500 mg/l
- Muy contaminada entre 500 y 3.000 mg/l
- Extremadamente contaminada entre 3.000 y 15.000 mg/l (Nihon Kasetsu, 2019).

Potencial de hidrógeno (pH): Es utilizado para medir la acidez o alcalinidad de una sustancia, en esta investigación el recurso hídrico.

Demanda química de oxígeno (DQO): (Nihon Kasetsu, 2019) nos dice que es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua. La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l); cuanto mayor es la DQO más contaminante es la muestra.

Nitratos: Los nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, (NO_3^-) que se encuentran de manera natural en pequeñas concentraciones en el suelo, los alimentos y las aguas superficiales y subterráneas (FACSA, 2017).

Fosfatos: Son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio; por lo general los fosfatos los encontramos en algunos productos de limpieza y causan grandes niveles de toxicidad en el agua (Fosfatos el agua impacto medioambiental, 2017).

Turbidez: La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua (LENNTECH, s.f.).

Sólidos totales: Los sólidos son materiales suspendidos y disueltos en el agua. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales o incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento. El contenido de materia en suspensión es muy variable según los cursos de agua. Para cada uno de ellos está en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, de la estación, la pluviometría, los trabajos y los vertimientos (Galvan, 2007).

2.4 Marco teórico

Los ensayos por la creación de un índice para determinar la calidad del agua datan de los años 1800, siendo Alemania uno de los pioneros en la creación de los ICA, estos en primera medida se dispusieron para determinar la pureza del agua a través de organismos biológicos que podían brindar esta información (Behar G., R, Zuñiga de Cardozo, M. del C & Rojas).

Un Índice de Calidad del Agua (ICA) es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua ya sea para consumo humano u otros usos (Loné, 2016).

Para el año de 1965, Horton, creó su índice con el cual buscaba disponer de un instrumento que le permitiera evaluar de la manera más objetiva posible la calidad del agua para con ello valorar la efectividad de los programas de mejoramiento y recuperación.

Los ICA más recientes tienen como objetivo fundamental la evaluación de la calidad del agua para consumo humano, previo tratamiento, incluyen dentro de su estructura parámetros fisicoquímicos y microbiológicos directamente relacionados con el nivel de riesgo sanitario presente en el agua (H. Montoya y C. Contreras, 1997).

El ICA se empleó como herramienta de indicación en el estudio sobre aguas superficiales del Estado de Jalisco-México, el cual estaba conformado por 18 parámetros fisicoquímicos y

microbiológicos, estos agrupados en 4 categorías: cantidad de materia orgánica, materia bacteriológica presente, características físicas y materia orgánica; este índice considera 9 usos, dentro de los cuales se destaca el abastecimiento público siendo este, el más importante.

Otro de los índices desarrollados en Europa fue el Universal Water Quality Index –UWQI– desarrollado por (Boyacioglu, 2007) y el cual estaba conformado por once (11) parámetros fisicoquímicos y uno (1) microbiológico, esto con el objetivo de proporcionar un método más sencillo para describir la calidad de las aguas superficiales utilizadas para el abastecimiento de agua potable. El cálculo se basa en las directivas de la Unión Europea para aguas, para ser destinadas al consumo humano con previo tratamiento, con el fin de facilitar su uso en los diferentes países que la conforman.

En el continente Americano varios países fueron representativos en la creación de índices de calidad del agua entre los cuales se encuentra: El Canadian Council of Ministers of the Environment un ICA orientado inicialmente a la evaluación de la calidad ecológica de las aguas basado en la comparación de los valores de cada parámetro con un punto de referencia, el cual generalmente es obtenido de una norma o guía de calidad del agua (Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz & Paola Janeth Patiño, 2009), dada su flexibilidad en los parámetros y el uso de directrices para protección de la vida acuática que emplea, el índice permite evaluar la calidad de las aguas destinadas para el consumo humano.

También en Brasil, la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental desarrolló e implementó el ICA de agua cruda para abastecimiento público (IAP) como respuesta al aumento

en la complejidad de los contaminantes vertidos a las fuentes de agua; su cálculo se realiza mediante el producto de la ponderación de los resultados del índice de calidad de agua (IQA) y el índice de sustancias tóxicas –ISTO (Q U A L I D A D E S Á G U A S I N T E R I O R E S N O E S T A D O D E S A O P A U L O, 2017).

En el ámbito nacional y regional, se han desarrollado diferentes estudios orientados a desarrollar o adaptar ICA acordes con las características ambientales de algunas fuentes superficiales. (Rojas, 1991) adaptó el ICA-NSF a las condiciones específicas del Río Cauca, reduciendo el número de parámetros que lo conforman con base en el análisis del comportamiento de éstos, en el tiempo y en el espacio y modificando los pesos porcentuales asignados a cada parámetro de acuerdo con su nivel de importancia en la evaluación de la calidad del agua del Río Cauca.

Durante los años 2011-2012 el Ministerio desarrolló, socializó y consolidó la propuesta del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU), el cual permite agregar información sobre los elementos más relevantes del estado de la calidad ambiental en las áreas urbanas, en el marco de los objetivos y metas establecidos en la política (ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU), 2016).

El ICAU se compone de indicadores simples que reflejan la situación ambiental de las áreas urbanas y cuya información principal puede y debería ser extraída de instrumentos de planeación ambiental o territorial disponibles en bases nacionales, regionales o locales (ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU), 2016).

El Índice se denomina: de Calidad Ambiental Urbana, entendiéndose este como la interacción de un conjunto de factores humanos y ambientales interrelacionados que inciden favorable o desfavorablemente en la calidad de vida de los habitantes de una ciudad (ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU), 2016).

“Actualmente en Colombia existen nueve ICO entre los cuales se destacan el ICO por materia orgánica ICOMO, el ICO por mineralización ICOMI y el ICO por sólidos ICOSUS.” (Alberto Ramírez G & Gerardo Viña Vizcaíno, 1998).

2.5 Marco legal

Dentro de las políticas para la protección y el cuidado del recurso hídrico encontramos en primera medida la (Constitución Política Colombiana , 1991), en sus artículos 79 y 80 establece proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

También menciona que el Estado Colombiano debe garantizar la calidad del agua para el consumo humano y además debe propiciar el recurso hídrico para demás usos.

2.5.1 Leyes

Ley 23 de (1973), expedida en el congreso de Colombia, “Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones”, en su artículo 1º decreta: prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.

Ley 9 de (1979), Código Sanitario Nacional. “Por la cual se dictan medidas sanitarias para la protección del medio ambiente”.

Ley 79 de (1986), “Por la cual se prevé a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones”.

Ley 99 de diciembre de (1993), expedida por el congreso de Colombia, “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones” en su artículo 111, decreta las áreas de interés para acueductos municipales. Además, declárense de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales.

Ley 373 de junio de (1997), expedida por el Congreso de Colombia, “Por la cual se establece el programa de uso eficiente y ahorro del agua (desde su artículo 1 al 13)”.

2.5.2 Decretos

(Decreto 2811, 18 de diciembre, 1974), “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” en su artículo 1°, decreta el ambiente como patrimonio común.

(Decreto 1541, 26 de julio, 1978), “Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973” en su artículo 1°, da la finalidad de reglamentar las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados.

(Decreto 1594, 26 de junio, 1984), “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos” en su artículo 20 considera las sustancias de interés sanitario.

(Decreto 2857, 13 de octubre, 1981), “Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título II, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones” en su Capítulo II, artículo 4° al 8 dicta las medidas de ordenación de una cuenca hidrográfica.

(Decreto 1311, 13 de julio, 1998), “Por el cual se reglamenta el literal “g” del artículo 11 de la Ley 373 de 1997” considera al artículo 365 de la Constitución Nacional que es deber del Estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a todos los habitantes del territorio nacional.

(Decreto 155, 2004), “Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.”

(Decreto 4742, 30 de diciembre, 2005), “Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas” nos define la fórmula para el monto total a pagar.

(Decreto 1323, 19 de abril, 2007), “Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH-”

(Decreto 1480, 04 de mayo, 2007), “Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.”

(Decreto 1575, 09 de mayo, 2007), “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” en su Capítulo II da las características y criterios de la calidad del agua para consumo humano.

(Decreto 3930, 25 de octubre, 2010), “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo XI del Título VI-Parte III- Libro XI del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.”

(Decreto 2667, 21 de diciembre, 2012), “Por el cual se reglamenta la Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinantes.”

(Decreto 2245, 29 de diciembre, 2017), “Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.”

2.5.3 Resoluciones

(Resolución 0631, 17 de marzo, 2015), “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.”

(Resolución 000431, 2012), “Por medio la cual se autorizan laboratorios de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.”

(Resolución 0811, 2008), “Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, definirán área de influencia y puntos de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.”

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Metodología de la investigación

El presente proyecto se manejará a través de una investigación de tipo cuantitativo, ya que, como lo expresan (Pita Fernández & Pétergas Díaz, 2002), este tipo de método nos brinda grandes ventajas las cuales son: es de tipo objetiva, es confirmatoria, inferencial y deductiva y se basa en la inducción probabilística, los tipos de datos que podemos obtener de este estudio nos muestran que son sólidos y pueden ser repetibles.

Este estudio se pretende abordar desde un alcance descriptivo, ya que, como lo dice (Rusu) permite recolectar datos a través de una serie de variables de un hecho o un dato; también ayuda a mostrar con precisión las variables que se hayan escogido para el proyecto o investigación.

Según (Estupiñan, 2017), el alcance descriptivo es aquel que busca especificar propiedades y características de perfiles (personas, grupos o comunidades), además, pretende medir y recoger información de manera independiente o conjunta de las variables que se hayan propuesto para una investigación o proyecto.

Para el desarrollo del mismo, se establecerán unas fases que permitan un mejor desenvolvimiento y entendimiento del tema. Inicialmente (fase 1), se realizará una

caracterización socio ambiental a través de la observación, la cual permitirá contar con un punto de partida que de una visión integral de la situación que presentan los Ríos Tejo y Chiquito, seguidamente de una (fase 2) práctica, donde se evaluarán y analizarán los resultados obtenidos del trabajo de campo teniendo como base la hoja metodológica establecida en el ICAU.

Por último, la (fase 3) interpretativa, donde se analizarán los resultados obtenidos para la determinación del índice de calidad del agua de los Ríos Tejo y Chiquito.

3.1.2 Metodología del cálculo del indicador, dado en el documento base (ICAU)

Para el cálculo de la calidad del agua se tomará como referencia la hoja metodológica de tal indicador que se encuentra en el documento base del ICAU; en ella se podrá encontrar las ecuaciones y fórmulas para determinar sus valores y con ello llevarlos a la respectiva tabla para poder dar el grado de la calidad de la misma.

$$ICA_{i,j} = \sum_{i=1}^n W_i I_{ijt}$$

Ecuación 1. Fórmula del cálculo del índice de la calidad del agua. Documento base del (ICAU).

De la anterior ecuación sus variables son:

- $ICA_{j,t}$: Índice de calidad el agua para una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo (j), en el tiempo (t).

- W_i : peso o ponderador asignado a cada variable de calidad (i).
- I_{ijt} : subíndice de calidad de la variable (i), de acuerdo con las curvas funcionales o ecuaciones correspondientes, en la estación de monitoreo (j), en el tiempo (t).
- n: número de variables de calidad. Dependiendo de la medición del ICA seleccionada, el número de variables será 5 o 6.

Para determinar este índice se deben involucrar de 5 a 6 variables las cuales dependiendo del criterio del evaluador se deben tener presente los valores de ponderación.

Variables y ponderación para el cálculo del ICA con 5 variables		
Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,2
Sólidos en suspensión - SST	mg/l	0,2
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica - CE	$\mu\text{S/cm}$	0,2
pH total	Unidades de pH	0,2

Fuente: ENA 2010, IDEAM

Figura 1. Variables y ponderación para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) con 5 variables. Documento base del (ICAU).

Variables y ponderación para el cálculo del ICA con 6 variables		
Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,17
Sólidos en suspensión - SST	mg/l	0,17
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/l	0,17
Conductividad eléctrica - CE	$\mu\text{S/cm}$	0,17
NT/PT	-	0,17
pH total	Unidades de pH	0,15

Fuente: ENA 2014, IDEAM

Figura 2. Variables y ponderación para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) con 6 variables. Documento base del (ICAU).

Una vez definido el esquema de trabajo con 5 o 6 variables, se pasará a determinar los subíndices de calidad haciendo uso de sus ecuaciones reemplazando los datos obtenidos en campo.

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$$

Si SST ≤ 4,5, entonces I_{SST} = 1
Si SST ≥ 320, entonces I_{SST} = 0

Ecuación 2. Fórmula para determinar el subíndice de sólidos suspendidos totales. Documento base del (ICAU).

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \log_{10} CE)}$$

Cuando I_{CE} < 0 (negativo), entonces I_{CE} = 0

Ecuación 3. Fórmula para determinar el subíndice de conductividad eléctrica. Documento base del (ICAU).

Si pH < 4, entonces I_{pH} = 0,10
Si 4 ≤ pH ≤ 7, entonces
*I_{pH} = 0,02628419 * e^(pH*0,520025)*

Si 7 < pH ≤ 8, entonces I_{pH} = 1
Si 8 < pH ≤ 11, entonces:
*I_{pH} = 1 * e^[(pH-8)*-0,5187742]*
Si pH > 11, entonces I_{pH} = 0,10

Ecuación 4. Fórmulas y condiciones para determinar el subíndice del potencial de hidrogeno (pH). Documento base del (ICAU).

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD})$$

Ecuación 5. Fórmula para determinar el subíndice del oxígeno disuelto. Documento base del (ICAU).

De donde:

PS_{OD}, es el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto y se calculará a partir de la siguiente ecuación:

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{C_p}$$

Ecuación 6. Fórmula para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. Documento base del (ICAU).

De donde:

- Ox: oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.
- Cp: concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%, se debe considerar:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD} - 1)$$

Demanda química de oxígeno – DQO:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

Nitrógeno total/Fósforo total – NT/PT

Si $15 \leq NT/PT \leq 20$, entonces $INT/PT = 0,8$

Si $10 < NT/PT < 15$, entonces $INT/PT = 0,6$

Si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $INT/PT = 0,35$

Si $NT/PT \leq 5$, o, si $NT/PT > 20$ entonces $INT/PT = 0,15$

Ecuación 7. Fórmula para determinar el subíndice del oxígeno disuelto y algunas condiciones para considerar otros parámetros. Documento base del (ICAU).

Una vez resueltas las ecuaciones para determinar los subíndices se pasará a utilizar la siguiente fórmula:

$$ICA_{promedio_{i,j}} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n W_i I_{ijt}}{m}$$

Ecuación 8. Fórmula para determinar el Índice de Calidad del Agua Promedio (ICA promedio). Documento base del (ICAU).

Donde:

- m: número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.

Una vez obtenidos los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA) se pasará a darle su clasificación según la tabla a continuación:

Tabla 1

Descriptor del IDEAM y calificación del ICAU para interpretar la calidad del agua

Descriptor IDEAM	Ámbito numérico IDEAM	Color IDEAM	Calificación ICAU
Muy Malo	0-0,25	Rojo	0
Malo	0,26-0,50	Naranja	0,3
Regular	0,51-0,70	Amarillo	0,5
Aceptable	0,71-0,90	Verde	0,8
Bueno	0,91-1,00	Azul	1,0

Fuente. *Autor del proyecto.*

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población para este estudio es el casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander; el área de influencia directa son aquellos barrios que están a las riveras derecha e izquierda de los Ríos Tejo y Chiquito.

3.2.2 Muestra

Las muestras de agua que se tomarán para los ríos, se realizarán de la siguiente manera: en la microcuenca Río Chiquito, la primera se hará en su canal artificial y la segunda muestra será en su cauce natural, esto con el fin de ver el cambio en la fauna y flora presentes ahí.

En cuanto a la cuenca del Río Tejo se tomará la primera muestra aguas arriba de la captación, en la bocatoma La Tupia a unos 500 metros aproximadamente y una segunda muestra posterior a la captación a unos 500 metros para saber el grado de incidencia y si mejoran o no la calidad del recurso hídrico.

El tipo de muestra de agua que se va a realizar en cada uno de estos Ríos es de tipo puntual, ya que la hoja metodológica del (ICAU) no exige que tipo de muestra debe ser, además esta muestra nos da confiabilidad.

De la totalidad de las familias (350 aproximadamente) cercanos a los ríos se tomará como muestra representativa a 20 familias aledañas a cada una de las fuentes hídricas de donde fueron tomadas las muestras de agua, para un total de 40 familias encuestadas.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las técnicas o instrumentos de recolección que se pretenden utilizar para el desarrollo de esta investigación se describen según corresponda a la fase planteada.

Fase 1: Caracterización socio-ambiental de los Ríos Tejo y Chiquito, se procederá a hacer una revisión de información primaria y secundaria en lo referente a la situación ambiental, enmarcadas en la calidad de agua; como primera instancia se acudirá a la Corporación Autónoma Regional (CORPONOR) o en su defecto a su sitio web, para saber qué tipo de investigaciones o estudios poseen ellos referente al tema mencionado, posterior a ello se le consultará a los presidentes de junta de Acción Comunal y comunidad en general de los barrios colindantes a los ríos, para con ello, lograr saber si alguna otra entidad ha realizado estudios y si es con el fin de determinar la calidad del agua se tendrán presentes.

Se realizará un aforo por mes para monitorear el caudal y así poder determinar en qué meses hay mayor precipitación, esto con el fin de lograr esta caracterización.

Fase 2: Comprende la práctica de campo, en donde se observará el comportamiento y funcionamiento de las poblaciones aledañas a las fuentes hídricas, además se determinarán los vertimientos puntuales y no puntuales hacia estos ríos.

Algunas de las actividades a realizar en la práctica de campo son:

- Encuestas a las familias aledañas a las fuentes hídricas.
- Determinar los puntos para la toma de muestras y tomar sus respectivas coordenadas geográficas haciendo uso de un GPS.
- Realizar aforos en los puntos escogidos para el muestreo.
- Realizar la toma de muestras in-situ, para luego ser almacenadas y llevadas al Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña (UFPSO).
- Registro Fotográfico.

Fase 3: Se analizarán los resultados obtenidos en la práctica de campo, haciendo uso de la hoja metodológica del ICAU la cual permitirá obtener el valor de la calidad del agua para con ello poder determinar cómo puede afectar a los barrios aledaños y a la población en general, además si llegase a haber algún estudio previo se procederá a hacer una comparación con el estudio o proyecto realizado en alguna de estas fuentes hídricas.

Capítulo 4. Administración del proyecto

4.1 Recursos humanos

Para el desarrollo de cada una de las fases propuestas del proyecto se debe contar con la participación de todos los actores que involucren estas fuentes hídricas, los cuales serán de gran ayuda para el progreso del proyecto de investigación y así lograr un buen trabajo.

4.1.1 Investigador del proyecto

- César Eduardo Solano Pedroza.

4.1.2 Directora de investigación

- ING. Luisa Fernanda Arévalo Navarro.

4.2 Recursos disponibles

4.2.1 Recursos institucionales

- Documento base del (ICAU).
- Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO).
- Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ocaña, Norte de Santander (ESPO S.A.)

- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORONOR)

4.3 Cronograma

Tabla 2

Cronología de las actividades para el desarrollo del proyecto

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE 1																
Caracterización socio-ambiental de los Ríos Tejo y Chiquito	X	X	X													
Recolección y revisión de información primaria y secundaria			X	X	X											
Analizar y compilar la información						X	X									
FASE 2																
Encuestar a 40 de las familias aledañas a las fuentes hídricas								X	X							
Escoger los puntos para realizar la toma de muestras										X						
Tomar las muestras de agua y llevarlas al laboratorio de la UFPSO										X	X					
FASE 3																
Análisis de los resultados del trabajo de campo													X	X		

Procesamiento de datos	X
Informe final	X

Fuente. *Autor del proyecto.*

4.4 Recursos financieros

Tabla 3
Elementos y presupuesto general del proyecto

EJES Y ELEMENTOS PARA LA INVESTIGACIÓN		Cantidad	Descripción	Forma de adquisición	Fuente de Recursos			SUB-TOTAL
					Propios	Facultad	Otras fuentes	
EQUIPOS	Celular	1	Necesarios para almacenar la información	N/A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Bitácora	1		N/A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Computador	1		N/A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
MATERIALES E INSUMOS	Decámetro	1	Componentes para medir la sección trans, y el caudal	Compra	\$ 15.000	\$ 0	\$ 0	\$ 15.000
	Bolitas de ping pong	7		Compra	\$ 700	\$ 0	\$ 0	\$ 700
	Estacas	2		N/A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Guantes de látex	14	Elementos de protección personal para la toma de muestras	Compra	\$ 14.000	\$ 0	\$ 0	\$ 14.000
	Botas de caucho	1		Compra	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 20.000
	Tapabocas	1		Compra	\$ 5.000	\$ 0	\$ 0	\$ 5.000
	Alcohol	1		Necesario para desinfectar	Compra	\$ 7.000	\$ 0	\$ 0
	Botellas plásticas	3	N/A		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Cava	1	Almacenar y transportar las muestras refrigeradas		Compra	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0
	Hielo	3		N/A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
UTILIDADES	Transporte	N/A	Necesarios para ir a los sitios de la toma de muestras	N/A	\$ 40.000	\$ 0	\$ 0	\$ 60.000
	Alimentación	N/A		N/A	\$ 25.000	\$ 0	\$ 0	\$ 40.000
TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO								\$ 181.700

Fuente. *Autor del proyecto.*

Capítulo 5. Resultados

5.1 Diagnosticar la situación ambiental actual de los Ríos Tejo y Chiquito

5.1.1 Caracterización socio-ambiental de los Ríos Tejo y Chiquito

Como insumo de la presente investigación se consultó la página web de la CAR (CORPONOR), www.corponor.gov.co, donde se halló, dentro de la referencia legal, la (Resolución 0087, 10 de marzo, 2010), en su artículo 1° se ordena la reglamentación del uso del agua del Río Tejo y sus afluentes desde la zona de ocupación de la reserva forestal protectora hasta la captación del acueducto en el Llanito; esta resolución es de gran importancia ya que al afirmar una mayor protección a esta reserva nos asegura el recurso hídrico por muchos más años, para con ello satisfacer a la comunidad ocañera que se abastece del sistema de acueducto.

También, en su página web (corponor.gov.co, 2017) se encontró un documento en el que se hace alusión a la siembra de 150 árboles en áreas aledañas al Río Tejo; las especies que se sembraron fueron de Guayacán y Caracolí, en la ribera del río, esta plantación de árboles forestales que se da en el sector de la pradera es gracias a que este afluente satisface la necesidad del recurso hídrico en condiciones de agua potable al 25% de la población ocañera.

Para esta caracterización también se elaboró, como insumo, un instrumento de recolección de información, en este caso, una encuesta semiestructurada con una sola pregunta, atendiendo al tipo de resultado esperado, puesto que la respuesta afirmativa o negativa fue conducente al trato dado a los vertimientos de aguas residuales a la fuente hídrica cercana, además se les preguntó a

los diferentes líderes comunales y comunidad en general acerca de la realización de algunos proyectos en aras de mejorar la calidad del agua, a lo cual aducen que: “proyectos como tal no, pero que en el año se podían ver muchas veces a personas sembrando árboles y recogiendo basura para tener el río más limpio”, comenta, con palabras textuales la señora Keila Arias habitante del barrio San Fermín.

Los barrios San Fermín y La Quinta son los barrios que están en el límite entre lo suburbano y lo urbano, en el sector urbano los primeros barrios por los que atraviesa el río son: Villanueva, El Molino La Costa y El Tejarito, de ahí hacia el norte de la ciudad sigue su recorrido por El Cementerio Central, el barrio Torcoroma y La Cárcel, que es en donde se puede evidenciar, bajo observación directa, como el río Tejo toma un tono gris oscuro, posiblemente debido a la gran cantidad de vertimientos puntuales.

En el Río Tejo se observó que, desde el sitio conocido como la Pradera del municipio de Ocaña, aguas arriba se encuentra una densa vegetación muy conservada, en medio de esta se apreció una serie de fincas, las cuales no tenían extensos cultivos y a estos no se les aplica agroquímicos con el fin de que estos no vayan a llegar al río.

Desde la Pradera hacia a la ciudad o desde lo suburbano a lo urbano se pudo observar como las casas que van a la ribera del río vierten sus aguas residuales y algunas que otras familias depositan allí sus basuras, entre otros; es necesario aclarar que no todas las familias vierten sus aguas residuales al río, algunas lo hacen al sistema de alcantarillado.

En el sector urbano se evidenció que no hay respeto de la ronda hídrica, lo que llevó consigo a la desaparición de la vegetación en el margen derecho e izquierdo de la fuente hídrica, acá también se demostró que no hay fauna acuática, esto posiblemente, se debe a los vertimientos puntuales de las viviendas aledañas.

El estado ambiental actual en el cual se encuentra el Tejo, es crítico, pues en el área que se trabajó no se encontró fauna acuática y además conforme el río va de lo rural a lo urbano el caudal es cada vez menor.

Para el Río Chiquito también se hizo una búsqueda por diferentes páginas digitales, pero la información es nula, la única información que se pudo extraer fue a través de la página Web de Corponor, en donde se encontró un documento, en el cual enuncia que existe un embellecimiento paisajístico a las riveras de este río y las zonas verdes de los barrios Bruselas y El Peñón; en el margen del río fueron sembrados 100 árboles de la especie Tulipán y 200 Durantas esto con el fin de embellecer estas zonas dentro del casco urbano del municipio de Ocaña (corponor.gov.co, 2015).

Atendiendo a la memoria histórica que poseen los habitantes del sector, por tener varios años de vivir allí, se les preguntó a algunos miembros de la comunidad sobre el conocimiento acerca de proyectos realizados en este río, a lo cual la frecuencia de respuestas recibidas fue que: uno de los proyectos que está, es el de tapar completamente el canal artificial para utilizarlo como otra vía alterna y además este contribuiría a que no se tiren las basuras al mismo, evitando así, la generación de plagas y a su vez disminuiría la concentración de malos olores para las

familias aledañas, puesto que, este río debido a lo anterior mencionado y al abandono ha desaparecido. Cabe aclarar que los habitantes del barrio Bruselas comentan que la única forma de ver agua en él, es cuando en otros barrios ocurre algún incidente con algunas aguas (residual o potable) y las desvían a este canal para que luego puedan llegar al Río Tejo pero que este flujo dura de 2 a 3 horas y que es muy esporádico, así lo comenta la señora Rosa del Carmen.

En este río se pudo observar que no hay respeto por la ronda hídrica y que además muchas de las familias que antes hacían sus vertimientos puntuales los han ido canalizando y disponiendo en el sistema de alcantarillado del municipio, esto gracias a que al realizar el vertimiento en el canal artificial les iba a generar un estancamiento de estas aguas y a su vez una proliferación de zancudos por tal motivo “se metieron la mano al dril”, dijo el señor Emel Pérez, haciendo alusión a la cantidad de dinero invertido para realizar las respectivas adecuaciones.

También se observó que, como ya en el río no hay un transporte de agua continuo muchas de las familias de los barrios vecinos tiran sus basuras al canal artificial y natural, sin importar los vectores que pueden generar este tipo de prácticas.

Es de aclarar que en la parte del cauce natural del Río Chiquito se encuentra un poco más de vegetación de tipo ornamental en pro del embellecimiento paisajístico, pero de igual manera no se logra apreciar un espejo de agua continuo.

La situación ambiental actual del Río Chiquito es crítica pues su espejo de agua en los cuatro (4) meses de la realización del proyecto fue nulo.

5.1.2 Encuestas a las familias aledañas a las fuentes hídricas

Las encuestas que se realizaron a algunas de las familias colindantes con el Río Tejo y con el Río Chiquito, fueron sencillas y tenían como fin determinar si vertían o no sus aguas residuales a estos ríos, se realizó la encuesta a un total de 40 familias en los dos (2) ríos, siendo así 20 familias en el Tejo y las otras 20 en el Río Chiquito, también se logró determinar una serie de vertimientos puntuales hacia los dos ríos por parte de algunas de las familias encuestadas.

En el Río Tejo se determinó que un 70% de las familias entrevistadas (14 familias) vierten sus aguas residuales en él, muchas de estas familias explicaron que hacen esto, debido a los costos que deben hacer en tuberías y pisos para llevarlas y disponérselas en el sistema de alcantarillado municipal.

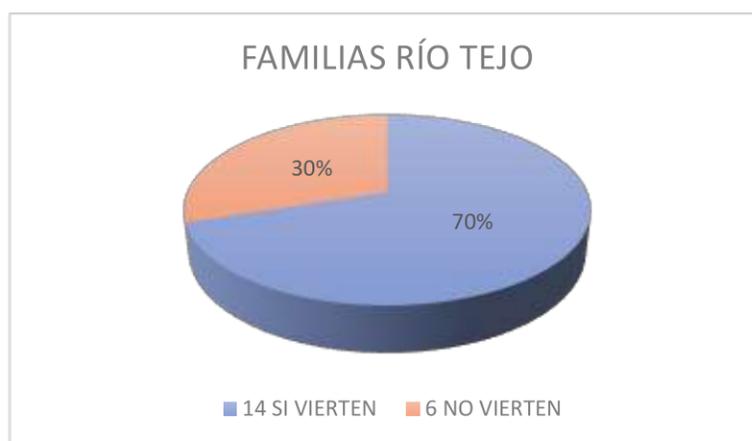


Figura 3. Diagrama de las familias encuestadas en el Río Tejo.
Autor del proyecto.

En el Río Chiquito un 40% de las familias encuestadas (8 familias) vierten sus aguas residuales, cabe aclarar que debido a que este río posee una longitud de tan solo 4 km, hace que

no sean representativos estos vertimientos, los cuales generan unos pequeños espejos de agua que con el sol se van evaporando; estas familias que hacen sus vertimientos dieron la misma explicación que se aprecia en la respuesta anterior, de porque aún no vierten sus aguas en el sistema de alcantarillado municipal.

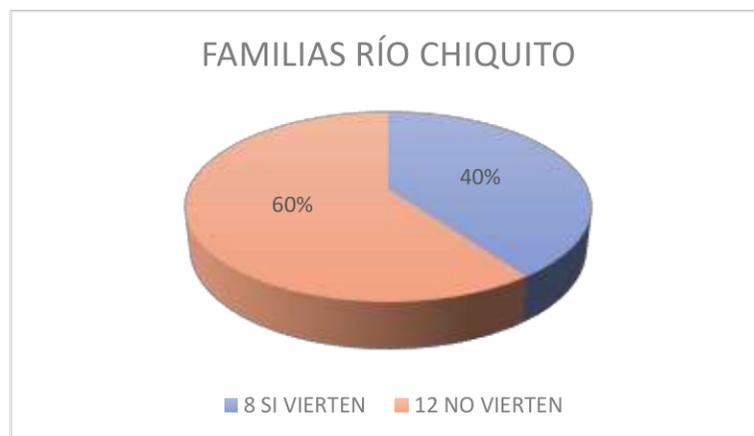


Figura 4. Diagrama de las familias encuestadas en el Río Chiquito.
Autor del proyecto.

5.2 Determinar los parámetros fisicoquímicos: Oxígeno Disuelto, DBOs, pH, DQO, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, Sólidos totales y microbiológicos (Coliformes) de los Ríos Tejo y Chiquito mediante análisis de laboratorio

5.2.1 Identificación de los puntos para realizar el muestreo y los aforos

Para escoger los sitios en donde se realizaron las muestras fue necesario hacer una visita de campo a los ríos en las cuales se observó y se determinó cuáles serían los trayectos óptimos.

Para la determinación de estos parámetros en las aguas de los Ríos Tejo y Chiquito se tuvo en cuenta unos puntos de gran interés; respecto al Río Tejo un punto donde se tomó la muestra de agua fue en la captación en la bocatoma La Tupia, la cual se hizo aproximadamente a unos 500 m antes de la misma y una segunda muestra en este mismo río, se realizó en el puente del Barrio Tejarito, este punto fue representativo ya que había una gran diferencia en cuanto al entorno socio-ambiental entre la primera y segunda muestra, esto con el fin de ver la incidencia de los vertimientos puntuales de las aguas residuales.

La muestra de agua que se tomó antes de la captación en la bocatoma La Tupia, se hizo el día 19 de noviembre del 2020 siendo las 8:30 a.m. los recipientes que se utilizaron fueron: una botella plástica de 1.25 L, en el cual se tomó un (1) litro del agua para con ese volumen determinar los parámetros fisicoquímicos y uno (1) de vidrio en el que se tomaron 100 ml para determinar los microbiológicos (coliformes), estos recipientes fueron purgados in-situ para obtener una mejor muestra, una vez tomada, fueron selladas y almacenadas en una cava con hielo para luego ser llevadas al Laboratorio de Aguas de la UFPSO.

La otra muestra que se tomó en el Río Tejo se realizó el día 2 de diciembre de 2020 siendo las 9:30 a.m. en el Puente el Tejarito, el recipiente que se manipuló fue una botella de plástico de 1.25 L en el cual se tomó un (1) litro del agua, para con ese volumen determinar los parámetros fisicoquímicos y los microbiológicos; en estos últimos se utilizó una bolsa para toma de muestras (whirl-pak esteriles) suministrada por el Laboratorio de Aguas de la UFPSO, de igual modo se hizo una purga a la botella la cual fue sellada y almacenada del mismo modo que la anterior muestra mencionada.

Respecto al Río Chiquito en principio se querían realizar dos (2) muestras de agua, las cuales, una (1) iba a hacerse en el canal artificial y la otra en el canal natural, pero se halló que ya no hay agua que discurra por el cauce de este río; algunos habitantes del Barrio Bruselas manifestaron que este se alimentaba de las aguas residuales de las casas, pero que hace un año atrás las habían canalizado llevando así a la desaparición del espejo de agua; la muestra que se tomo fue gracias a que había una desviación de aguas de otros sectores del municipio de Ocaña las cuales están por periodos de 2 a 3 veces al mes y este volumen de agua dura va aproximadamente de 2 a 3 horas.

La muestra que se tomó en el Río Chiquito se realizó el día 2 de diciembre de 2020 siendo las 10:30 a.m. el recipiente que se utilizó fue una botella de plástico de 1.25 L en el cual se tomó un (1) litro del agua, para con ese volumen determinar los parámetros fisicoquímicos y para los microbiológicos se volvió a implementar la bolsa para la toma de muestras (whirl-pak esteriles), a esta muestra se realizó la purga y fue sellada y almacenada del mismo modo que la anterior muestra mencionada.

Tabla 4
Aforos en los Ríos Tejo y Chiquito

MES	RÍOS	Ancho (m)	Largo (m)	Tiempo prom (seg)	Sec. Transversal (m ²)	Velocidad (m/seg)	Caudal (m ³ /seg)
1	Río Tejo	3	13	34,8	0,318	0,37	0,12
	Río Chiquito	----	----	----	----	----	----
2	Río Tejo	3	13	32	0,36	0,41	0,15
	Río Chiquito	2,5	18	24	0,1	0,75	0,08
3	Río Tejo	3	13	36	0,33	0,36	0,12

	Río Chiquito	----	----	----	----	----	----
4	Río Tejo	3	13	34,5	0,3	0,38	0,11
	Río Chiquito	2,5	18	26,6	0,1	0,68	0,07

Fuente. *Autor del proyecto.*

Nota: El mes 1 es donde se inicia con el proyecto y es el mes de octubre de 2020, y el mes 4 es enero de 2021. Las (---) en algunos campos del Río Chiquito es porque en ese mes no hubo agua.

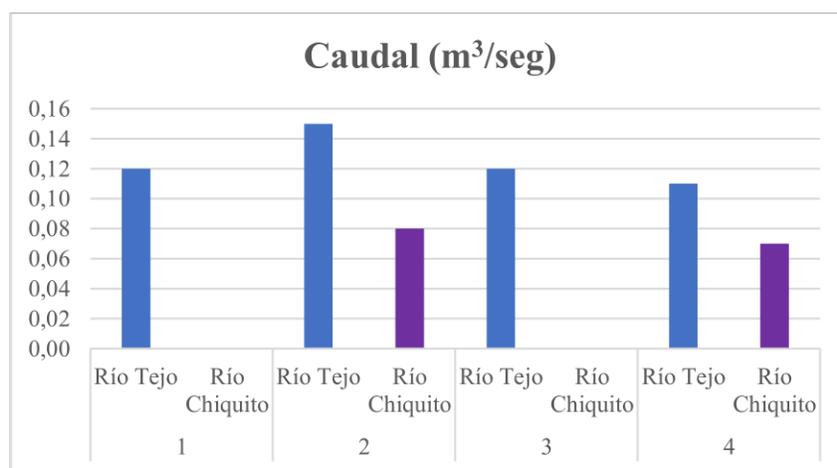


Figura 5. Diagrama de los caudales en cada mes.
Autor del proyecto.

Tabla 5

Coordenadas de los sitios donde se tomaron las muestras de agua

RÍOS	UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD
Río Tejo	Antes de la captación, bocatoma La Tupia	8°12'21,5"N	73°21'46,8"W
	Puente el Tejarito, B. El Tejarito	8°14'4,4"N	73°21'25,0"W
Río Chiquito	Puente de la calle 12, B. Bruselas	8°14'38,2"N	73°21'16,5"W

Fuente. *Autor del proyecto.*

Los días escogidos para la toma de muestras fueron acordes a las fechas establecidas por el Laboratorio de Aguas de la UFPSO ya que en él se realizaron y se obtuvieron dichos parámetros para el análisis de las mismas.

A continuación, los resultados que se determinaron de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por cada muestra de agua, gracias a los análisis hechos por la coordinadora del Laboratorio de Aguas de la UFPSO, María Alejandra Vergel Bermúdez (Ingeniera ambiental).

Para cada muestra de agua se solicitaron los siguientes parámetros: Conductividad, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes totales, Escherichia coli; estas aguas eran crudas y el tipo de muestra que se les realizó a cada una fue puntual.

En cuanto a los parámetros biológicos se solicitaron dentro del análisis para poder observar y analizar la contaminación en estas fuentes hídricas por agentes biológicos los cuales pueden llegar a través de vertimientos puntuales y no puntuales; cabe aclarar que la hoja metodológica del ICAU solo nos pide parámetros fisicoquímicos.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.79
Turbiedad	NTU	66.9
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	0.580
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0.49
Conductividad	μS/cm	222
DQO	mg O ₂ /L	8
DBO ₅	mg O ₂ /L	2
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	7.54
Solidos totales	mg/L	451
Coliformes totales	NMP/100 mL	290
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	290

Figura 6. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Tejo, hecha antes de la captación, Bocatoma La Tupia. Laboratorio de Aguas (UFPSO).

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.77
Turbiedad	NTU	4.93
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	1.76
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0.62
Conductividad	μS/cm	342
DQO	mg O ₂ /L	12
DBO ₅	mg O ₂ /L	4
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	6.53
Solidos totales	mg/L	247
Coliformes totales	NMP/100 mL	460
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	460

Figura 7. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Tejo, hecha en el Puente del Barrio El Tejarito. Laboratorio de Aguas (UFPSO).

La variación en los resultados de los parámetros de las muestras de agua tomadas en el Río Tejo se da en primera medida porque: la primera muestra se realizó en un entorno natural (rural)

y la segunda muestra se realizó en lo urbano, además la variabilidad en estos resultados, siendo la misma fuente hídrica, se da porque en el entorno urbano es donde más descargas puntuales se hacen sobre esta fuente, también un factor que incide es que estas muestras fueron tomadas en diferente fecha.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.54
Turbiedad	NTU	165
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	49.72
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	22
Conductividad	μS/cm	841
DQO	mg O ₂ /L	274
DBO₅	mg O ₂ /L	320
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	0.31
Solidos totales	mg/L	742
Coliformes totales	NMP/100 mL	1100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1100

Figura 8. Resultados de los parámetros de la muestra de agua en el Río Chiquito, hecha en el Puente de la calle 12, Barrio Bruselas. Laboratorio de Aguas (UFPSO).

5.3 Calcular la calidad del agua de los Ríos Tejo y Chiquito mediante el uso de la hoja metodológica del Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)

Después de haber obtenido los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, dados por el Laboratorio de Aguas de la UFPSO, se procedió a escoger con cuantas variables se trabajaría; atendiendo a las tablas de ponderación que presenta el documento emanado por el ICAU en las páginas 42 y 43 (Documento realizado y actualizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo de Asocars a través de los Convenios de Asociación

MADS- ASOCARS 130 de 2013; 157 de 2014 y 313 de 2015), bajo criterio del investigador, es preferible trabajar con cinco (5) variables para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) porque en ella las ponderaciones por cada parámetro eran las mismas, con un valor de (0,2), situación que otorgaba más seguridad para trabajar con 5 variables y no con 6.

Una vez sabiendo las ponderaciones se empezó a aplicar las fórmulas de los subíndices, para cada una de las muestras de agua; estas fórmulas a su vez traen algunas indicaciones consigo. Las fórmulas para determinar los subíndices van en orden; empezando con la ecuación 2, que presenta la fórmula para determinar el subíndice de sólidos suspendidos totales (I.SST), luego se pasó a la ecuación 3, en ella está la fórmula para determinar el subíndice de conductividad eléctrica (I.CE), en la ecuación 4 se encuentra la fórmula y las condiciones para determinar el subíndice del potencial de hidrogeno (I.pH), en la ecuación 5 está la fórmula para determinar el subíndice del oxígeno disuelto (I.OD), en esta fórmula se encontrará la variable (PS_{OD}) que hace referencia al porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el cual se calculó a partir de la ecuación 6; para aplicar esta fórmula se tuvo en cuenta los valores de las temperaturas medidos en campo.

Los valores de las temperaturas que se obtuvo en campo fueron: (19°C para la muestra tomada antes de la captación, bocatoma La Tupia, Río Tejo) y (23°C para las muestras tomadas en el Puente el Tejarito, B. El Tejarito Río Tejo y para la muestra del Río Chiquito tomada en el Puente de la Calle 12, B. Bruselas); con estas temperaturas se pudo determinar la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación, las cuales fueron:

- 9.3 (mg/l) para una temperatura de 19°C
- 8.6 (mg/l) para una temperatura de 23°C (Folleto Informativo Oxígeno Disuelto OD, 2021)

Ya, por último, en los subíndices se evidencia la ecuación 7 para determinar el subíndice del oxígeno disuelto cuando el PS_{OD} es superior al 100% y las condiciones para determinar el subíndice de la demanda química de oxígeno (I.DQO) y demás consideraciones para otros parámetros; en cada una de estas fórmulas lo que se hizo fue reemplazar los valores obtenidos por el laboratorio y en algunos casos ver las otras especificaciones.

A continuación, la tabla con cada uno de los subíndices ya determinados por cada muestra de agua en cada río.

Tabla 6
Subíndices de Calidad

RÍOS	UBICACIÓN	SUBÍNDICES DE CALIDAD				
		I.SST	I.CE	I.pH	I.OD	I.DQO
RÍO TEJO	Antes de la captación, bocatoma La Tupia	0	0,234	0,898	0,811	0,91
	Puente el Tejarito, B. El Tejarito	0,279	0	0,888	0,759	0,91
RÍO CHIQUITO	Puente de la calle 12, B. Bruselas	0	0	0,788	0,036	0,125

Fuente. *Autor del proyecto.*

Una vez obtenido los subíndices de calidad pasé a determinar el índice de calidad del agua (ICA) por cada muestra de agua. La fórmula implementada fue:

$$ICA = \sum_{i=1}^5 (I.SST * 0,2) + (I.CE * 0,2) + (I.pH * 0,2) + (I.OD * 0,2) + (I.DQO * 0,2)$$

El número (5) que esta sobre la sumatoria indica que se están evaluando y sumando cinco variables y el (i=1) viene definido de fórmula; además el (0,2) que multiplica a cada subíndice hace alusión al valor de ponderación dado por la Hoja Metodológica del ICAU; además se tuvo como referencia la (tabla 1) para la interpretación (descriptor y color) de la calidad del agua. Al implementar la anterior fórmula, obtuve lo siguiente:

Tabla 7
Índice de Calidad del Agua por cada muestra

RÍOS	UBICACIÓN	ICA (ámbito numérico)	Descriptor y Color IDEAM
RÍO TEJO	Antes de la captación, bocatoma La Tupia	0,57	Regular
	Puente el Tejarito, B. El Tejarito	0,57	Regular
RÍO CHIQUITO	Puente de la calle 12, B. Bruselas	0,19	Muy Malo

Fuente. *Autor del proyecto.*

El descriptor y color de IDEAM es un poco sorprendente en el Río Tejo principalmente en la bocatoma La Tupia, pues se esperaba encontrar como mínimo la calidad del agua en Aceptable, pero el factor que incidió directamente en los resultados obtenidos fue el de los sólidos totales o también llamados sólidos suspendidos totales (sst), como se observa en los resultados de la (figura 15) estos son superiores a los obtenidos el área urbana, en parte, se obtuvo porque el día

que se escogió para realizar la muestra antes de la bocatoma había ocurrido una precipitación aguas arriba lo que incidió en estos resultados.

Por último, se pasó a determinar el ICA promedio por cada río, ver (figura 10) para ver su respectiva ecuación, al aplicarla se obtuvo:

Tabla 8
ICApromedio de cada Río

RÍOS	UBICACIÓN	ICA promedio	Descriptor y Color IDEAM
RÍO TEJO	Antes de la captación, bocatoma La Tupia Puente el Tejarito, B. El Tejarito	0,57	Regular
RÍO CHIQUITO	Puente de la calle 12, B. Bruselas	0,19	Muy Malo

Fuente. *Autor del proyecto.*

Los resultados obtenidos en la calidad del agua del Río Tejo son satisfactorios hasta el área propuesta para esta investigación, debido a que aguas abajo del barrio La Modelo se encuentra su calidad en una condición muy mala, esto por la falta de cultura y debido a las costumbres que tienen algunas empresas dedicadas a diferentes actividades industriales que realizan disposición de sus basuras a sus riberas, en él; en el Río Chiquito se esperaba encontrar una calidad del agua de este tipo puesto que el canal por donde discurren sus aguas habitualmente está lleno de basuras, de animales muertos, entre otros.

Capítulo 6. Conclusiones

El estado socio-ambiental en los Ríos Tejo y Chiquito es crítico, además las personas que realizan ciertas actividades en aras de protegerlo, solo se quedan en imágenes como registro fotográfico y publicidad de lo que realizaron y de ahí en adelante nadie se preocupa por las riveras de estos, además las comunidades de los barrios ribereños no hacen nada por conservar estas fuentes hídricas lo mejor posible; tampoco las autoridades verifican que familias vierten sus aguas residuales en ellos.

Los resultados de la muestra de agua tomada en el Río Tejo antes de la captación bocatoma La Tupia son preocupantes, ya que en ella hay presencia de Coliformes Totales (*Escherichia Coli*) esto da a entender que las comunidades campesinas aguas arriba vierten sus aguas residuales domesticas a este río, ocasionando que aguas abajo el resto de la comunidad pueda sufrir quebrantos de salud al ingerir esta agua cruda en estas condiciones.

En el Río Chiquito se pudo evidenciar que no hay un espejo de agua constante por lo que se entiende que este río está completamente al borde de desaparecer y es preocupante, ya que es una fuente hídrica que un futuro puede servir para suplir la necesidad del recurso hídrico.

Al evaluar la calidad del agua de estos ríos haciendo uso de la hoja metodológica del ICAU se puede concluir que respecto al Río Tejo en el punto de muestreo de la bocatoma La Tupia falta un poco más de compromiso de parte de ESPO S.A. y Corponor para que aguas arriba se haga una preservación y se apliquen las respectivas medidas correctivas y así pasar de una Calidad Regular (obtenida en la investigación) a una Calidad Aceptable y porque no tener el

agua en una buena calidad y serian menos las concentraciones de químicos necesarios para su potabilización; en el punto de muestreo del Puente el Tejarito se obtuvo una calidad Aceptable, esto debido posiblemente a la sinuosidad del río, pero a su vez se notó una gran disminución en el caudal del mismo.

Al aplicar la hoja metodológica del ICAU para determinar la calidad del agua del Río Chiquito se obtuvo una Calidad Muy Mala, esto se debe a que las personas convirtieron el canal fue en un sitio para desechar basuras y animales muertos lo cual una vez haya agua por este cauce va arrastrar con todo esto.

Capítulo 7. Recomendaciones

Se recomienda utilizar los datos obtenidos en el presente proyecto como base para realizar una investigación a fondo a cerca de la calidad del agua de los ríos que están dentro del municipio de Ocaña.

Hacer un proceso de educación ambiental a las comunidades que habitan las riberas de estos ríos, principalmente a las comunidades asentadas aguas arriba del Río Tejo, ya que este es de gran importancia para el suministro de agua potable a cierta parte de la población ocañera.

Debe haber un compromiso tanto de las personas que viven en los barrios vecinos al río Tejo como de las diferentes entidades dentro del municipio; ¡es el momento de ayudar al río!

Invitar a la Alcaldía del Municipio de Ocaña a que hagan una investigación con mayor profundidad para determinar concretamente cuales son las familias que vierten sus aguas residuales a estos ríos y no al sistema de alcantarillado, como debería ser.

Establecer un monitoreo continuo en el Río Tejo ya que es una fuente de abastecimiento, de tal modo que se pueda conocer su comportamiento y sus diferentes parámetros; a su vez hacer una investigación a profundidad en el Río Chiquito para conocer las causas por las cuales ha desaparecido el espejo de agua.

Referencias

Alberto Ramírez G & Gerardo Viña Vizcaíno. (1998). “*Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y Estadísticas de análisis*” . Bogota: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Behar G., R, Zuñiga de Cardozo, M. del C & Rojas. (s.f.). Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez. *INGENIERIA Y COMPETITIVIDAD, REVISTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA* , 17-27.

Bosque Nacional el Yunque. (2014). Obtenido de Rio Grande: www.fs.usda.gov/elyunque

Boyacioglu, H. (2007). Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water SA* , 33, 1-6. Recuperado el 22 de Julio de 2020, de <file:///D:/Downloads/47882-Article%20Text-60542-1-10-20091117.pdf>

colombianparadise. (20 de Abril de 2020). Obtenido de colombianparadise.com: www.colombianparadise.com

Constitución Política Colombiana . (1991). Obtenido de <https://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>

corponor.gov.co. (18 de Agosto de 2015). Obtenido de [corponor](http://corponor.gov.co): <https://corponor.gov.co/sitioanterior/index.php/comunicaciones/historico-de-noticias/2149-el-penon-y-bruselas-de-ocana-cuentan-con-zonas-mas-verdes>

corponor.gov.co. (5 de Junio de 2017). Obtenido de [corponor](http://corponor.gov.co): <https://corponor.gov.co/sitioanterior/index.php/comunicaciones/historico-de->

noticias/2513-150-arboles-fueron-plantados-para-reforestar-areas-aledanas-al-rio-tejo-en-ocana

D.Q.O. (1974). En J. Ferrero, *Depuración biológica del agua*. Bs.As.

Decreto 1311, 13 de julio. (1998). Por el cual se reglamenta el literal g del artículo 11 de la Ley 373 de 1997.

Decreto 1323, 19 de abril. (2007). Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH-.

Decreto 1480, 04 de mayo. (2007). Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1541, 26 de julio. (1978). Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

Decreto 155. (2004). Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.

Decreto 1575, 09 de mayo. (2007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Decreto 1594, 26 de junio. (1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. .

Decreto 2245, 29 de diciembre. (2017). Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único

Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.

Decreto 2667, 21 de diciembre. (2012). Por el cual se reglamenta la Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinantes.

Decreto 2811, 18 de diciembre. (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección.

Decreto 2857, 13 de octubre. (1981). Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.

Decreto 3930, 25 de octubre. (2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 4742, 30 de diciembre. (2005). Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.

Decreto 475, 10 de marzo. (1998). Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.

EPAS. (2019). Obtenido de Ente Provincial de Agua y Saneamiento : www.epas.mendoza.gov.ar

Estupiñan, C. (25 de Marzo de 2017). Alcance descriptivo. *Alcance descriptivo.*

FACSA. (01 de Enero de 2017). Obtenido de www.facsa.com

FAO. (2008). Obtenido de www.fao.org

Folleto Informativo Oxígeno Disuelto OD. (18 de Enero de 2021). Obtenido de

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf

Fosfatos el agua impacto medioambiental. (11 de Diciembre de 2017). *Fosfatos el agua impacto medioambiental.*

Galvan, T. M. (2007). *SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103-105°C*. Recuperado el 15 de Julio de 2020, de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados>

(2002). *Guía para la vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.*

Bogota.

H. Montoya y C. Contreras. (1997). *Estudio Integral de la Calidad del Agua en el estado de*

Jalisco. Guadalajara: Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 28 de Julio de 2020

IDEAM. (2019). Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales:

www.ideam.gov.co

Ingrith Catalina Díaz Flóreza, Hemell Fabián Quintero Vega, Yeeny Lozano, Luis Carlos

Fonseca Herreño & Diana Milena Valdés Solano. (2017). RÍOS TEJO Y CHIQUITO:

EVALUACIÓN DE LOS ICO'S DENTRO DE LA ESTRUCTURA URBANA DE

OCAÑA , NORTE DE SANTANDER. *INGENIO UFPSO*, 2-3.

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU). (2016).

LENNTECH. (s.f.). Recuperado el 10 de Julio de 2020, de www.lenntech.es

Loné, P. P. (23 de Septiembre de 2016). *Iagua*. Obtenido de www.iagua.es

Ministerio de Ambiente. (2017). Obtenido de www.miniambiente.gov.co

Nihon Kasetsu. (Enero de 2019). Obtenido de www.nihonkasetu.com

ocana-nortedesantander. (24 de Septiembre de 2015). Obtenido de [ocana-nortedesantander:](http://ocana-nortedesantander.gov.co)

www.ocana-nortedesantander.gov.co

Ocaña terruño de paz. (11 de Noviembre de 2008). Recuperado el 22 de Abril de 2020, de

Ocaña terruño de paz: www.oaaterruodepaz.blogspot.com

Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz & Paola Janeth Patiño. (2009). *Revista ingenio Universidad de Medellín*, 8 (15). Recuperado el 29 de Julio de 2020, de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009

Pita Fernández & Pétergas Díaz. (2002). *Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. La Coruña, España. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de www.fisterra.com

POMCA RÍO ALGODONAL. (2014). En R. N. Lamk, *ACTUALIZACIÓN POMCA RÍO ALGODONAL* (págs. 10-11). Ocaña: Editor grafico Ricardo Amaya Rodriguez.

Portal Único del Estado Colombiano. (29 de Mayo de 2019). Recuperado el 24 de Agosto de 2020, de GOV: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/LISTADO-DE-AREAS-ESTRATEGICAS-PROTEGIDAS-DE-OCA-A/qj5f-6kqk>

QUALIDADES ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SAO PAULO. (2017). Sao Paulo. Recuperado el 1 de Agosto de 2020, de <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp->

content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf

QUÉ ES UN RÍO. (04 de Marzo de 2015). *QUÉ ES UN RÍO*.

Ramírez, R. M. (2003). *Colombia: potencia hídrica*. Sociedad Geografica de Colombia.

Resolución 000431. (2012). Por medio la cual se autorizan laboratorios de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.

Resolución 0087, 10 de marzo. (2010). Por la cual se ordena la reglamentación del uso del agua en la corriente hídrica denominada Río Tejo y sus afluentes desde zona de recuperación con ocupación de la reserva forestal protectora nacional cuenca hidrográfica Río Tejo en la vereda Espiritu: Santo hasta la bocatoma de acueducto "Llanito" ubicada en la vereda San Benito, municipio de Ocaña, departamento Norte de Santander.

Resolución 0631, 17 de marzo. (2015). Por la cual se establecen los parametros y los valores limites maximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones .

Resolución 0811. (2008). Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, definirán área de influencia y puntos de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

Resolución 2115 LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA. (2007). Colombia. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legisla-i%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Resolución 2115, 22 de junio. (2017). Los Ministros de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Rojas, O. (1991). "Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación," in Seminario Internacional sobre calidad del agua para consumo. Recuperado el 2 de Agosto de 2020

Rusu, C. (s.f.). El alcance de la investigación. En C. Rusu, *Metodología de la Investigación* (págs. 13-14). Recuperado el 24 de Agosto de 2020, de http://zeus.inf.ucv.cl/~rsoto/cursos/DII711/Cap4_DII711.pdf

Shiklomanov, I. (1999). *World Water Resources: Modern Assessment and Outlook for the 21st Century*. Rusia: (Summary of World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, prepared in the framework of the IHP UNESCO). Federal Service of Russia for Hydrometeorology & Environment Monitoring, State Hydrological Institute, St. Petersburg.

Torre, F. B. (2015). *Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución*.

UNESCO. (5-6 de Agosto de 2019). Obtenido de UNESCO: www.unesco.org

Universidad Complutense de Madrid. (2014). Obtenido de www.ucm.es

Apéndices

Apéndice 1. Solicitud a la UFPSO para los servicios del Laboratorio de Aguas.



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

NIT: 800 163 130 - 0

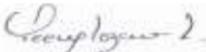
Ocaña, 3 de noviembre de 2020

Señores
COMITÉ CURRICULAR DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña

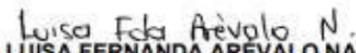
Asunto: Solicitar los servicios del laboratorio de aguas de la UFPSO.

Actualmente me encuentro en la ejecución del trabajo de grado que lleva por nombre: **"DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DE LOS RÍOS TEJO Y CHIQUITO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COMO INSUMO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU)"** realizado por el estudiante César Eduardo Solano Pedroza, del programa de Ingeniería Ambiental con código:161751; para lo cual solicito respetuosamente los servicios del laboratorio de aguas para analizar cuatro (4) muestras de agua, de las cuales dos (2) serán en el Río Tejo y las otras dos (2) en el Río Chiquito; las muestras propongo llevarlas al laboratorio los días 18 y 19 de noviembre del presente año en un horario de 10:00 a.m. a 11:00 a.m. Los parámetros para determinar por cada muestra son:

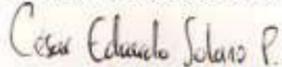
- Físicoquímicos: Oxígeno Disuelto, DBO₅, pH, DQO, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, Conductividad eléctrica, Sólidos totales.
- Microbiológicos: Coliformes.



YEENY LOZANO LAZARO
Directora del Plan de Estudios de Ingeniería Ambiental (UFPSO)



LUISA FERNANDA AREVALO NAVARRO
Directora de la tesis de grado (UFPSO)



CÉSAR EDUARDO SOLANO PEDROZA
Autor de la tesis de grado

Apéndice 2. Solicitud a ESPO S.A. para realizar un muestreo antes de la captación en la bocatoma La Tupia conocida como "Planta el Llanito".

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

NIT. 800 163 130 - 0

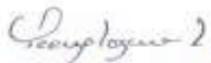
Ocaña, 3 de noviembre de 2020 de 2020

Señor (a)
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE OCAÑA (ESPO S.A)
Carrera 33 #7ª 11B, La Primavera, Ocaña, Norte de Santander

Asunto: Permiso para realizar un muestreo antes de la captación en la Planta el Llanito.

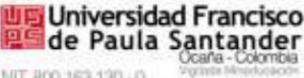
Actualmente se encuentra en ejecución el trabajo de grado que lleva por nombre: **"DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DE LOS RÍOS TEJO Y CHIQUITO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COMO INSUMO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU)"** realizado por el estudiante César Eduardo Solano Pedroza, del programa de Ingeniería Ambiental para lo cual se solicita respetuosamente el permiso para tomar una muestra compuesta el día miércoles 18 de noviembre del presente año; se estima realizar la muestra a 500 mts del sistema de captación ubicado en el Río Tejo en un periodo de 07:00 a 09:00 a.m. y a su vez nos proporcionen el porcentaje de la población Ocañera que recibe el suministro de agua potable desde esta planta de tratamiento.

Cordialmente,


YEENY LOZANO LAZARO
Directora del Plan de Estudios de Ingeniería Ambiental
UFPSO


LUISA FERNANDA AREVALO NAVARRO
Directora de la tesis de grado
UFPSO

Apéndice 3. Resultados de los análisis de las muestras de agua suministradas por el Laboratorio de Aguas.

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Programa de Ingeniería</p> <p>NIT. 800 163 130 - 0</p>	<p>LABORATORIO DE AGUAS</p>
--	------------------------------------

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua cruda.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTRA: Río Tejo (Antes de captación)

TOMADA POR: Cesar Eduardo Solano Pedroza. **HORA:** 09:10 A.M.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 19 de Noviembre del 2020.

FECHA ENTREGA AL LABORATORIO: 19 de Noviembre del 2020. **HORA:** 10:00 A.M.

ANÁLISIS SOLICITADOS: Conductividad, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno disuelto, pH, sólidos totales, turbiedad, Coliformes totales, *Escherichia coli*.

OBSERVACIONES: Ninguna.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.79
Turbiedad	NTU	66.9
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	0.580
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0.49
Conductividad	μS/cm	222
DQO	mg O ₂ /L	8
DBO ₅	mg O ₂ /L	2
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	7.54
Sólidos totales	mg/L	451
Coliformes totales	NMP/100 mL	290
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	290


Maria Alejandra Vergel Bermúdez
 Coordinador Laboratorio de Aguas

	<p>Via Acolture, 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@ufpsa.edu.co - www.ufpsa.edu.co</p>
---	--

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua cruda.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTRA: Río Tejo (Puente tejario)

TOMADA POR: Cesar Eduardo Solano Pedroza

HORA: 10:00 A.M.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 02 de Diciembre del 2020.

FECHA ENTREGA AL LABORATORIO: 02 de Diciembre del 2020.

HORA: 11:40 A.M.

ANÁLISIS SOLICITADOS: Conductividad, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno disuelto, pH, sólidos totales, turbiedad, Coliformes totales, *Escherichia coli*.

OBSERVACIONES: Ninguna.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.77
Turbiedad	NTU	4.93
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	1.76
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0.62
Conductividad	µS/cm	342
DQO	mg O ₂ /L	12
DBOs	mg O ₂ /L	4
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	6.53
Sólidos totales	mg/L	247
Coliformes totales	NMP/100 mL	460
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	460

M^{te} Alejandra Vergel

Maria Alejandra Vergel Bermúdez
 Coordinador Laboratorio de Aguas



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

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua cruda.**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.**LUGAR DE MUESTRA:** Río Chiquito**TOMADA POR:** Cesar Eduardo Solano Pedroza**HORA:** 10:30 A.M.**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 02 de Diciembre del 2020.**FECHA ENTREGA AL LABORATORIO:** 02 de Diciembre del 2020.**HORA:** 11:40 A.M.**ANÁLISIS SOLICITADOS:** Conductividad, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno disuelto, pH, sólidos totales, turbiedad, Coliformes totales, *Escherichia coli*.**OBSERVACIONES:** Ninguna.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	pH	6.54
Turbiedad	NTU	165
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	49.72
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	22
Conductividad	µS/cm	841
DQO	mg O ₂ /L	274
DBOs	mg O ₂ /L	320
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	0.31
Sólidos totales	mg/L	742
Coliformes totales	NMP/100 mL	1100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1100



María Alejandra Vergel Bermúdez
Coordinador Laboratorio de Aguas



Apéndice 4. Modelo de las etiquetas utilizadas para rotular las muestras de agua de los Ríos Tejo y Chiquito.

<p>Fecha y Hora del Muestreo: _____</p> <p>Sitio del Muestreo: _____</p> <p>Tipo de Muestra: _____</p> <p>Parámetros a Determinar: _____</p> <p>Responsable: _____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>
<p>Fecha y Hora del Muestreo: _____</p> <p>Sitio del Muestreo: _____</p> <p>Tipo de Muestra: _____</p> <p>Parámetros a Determinar: _____</p> <p>Responsable: _____</p> <p>Observaciones: _____</p>

Apéndice 5. Modelo de las encuestas realizadas a las familias aledañas a los Ríos Tejo y Chiquito.



Universidad
Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
NIT. 800 183 100 - 0

ENCUESTAS A LAS FAMILIAS (RÍO TEJO)			
Fecha:			
N° de familias	¿Vierten sus aguas residuales al Río?		¿Por qué?
	Sí	No	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			




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



Universidad
Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

NTT. 800 183 130 - 9

ENCUESTAS A LAS FAMILIAS (RÍO CHIQUITO)

Fecha:

N° de familias	¿Vierten sus aguas residuales al Río?		¿Por qué?
	Si	No	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			



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

Apéndice 6. Respuestas de las encuestas realizadas a las familias aledañas de los Ríos Tejo y Chiquito.

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

ENCUESTAS A LAS FAMILIAS (RÍO TEJO)

Fecha: Noviembre 25/2020

N° de familias	¿Vierten sus aguas residuales al Río?		¿Por qué?
	Si	No	
1 F. Sánchez	X		La casa no es de nosotros
2 F. Rincón	X		Vivimos en carrizales
3 F. Salazar	X		No subíamos cuando se construyó
4 F. Arcebo	X		Es más fácil
5 F. Arias		X	Ya la casa tenía las tuberías así
6 F. Acosta	X		Utinamos años viviendo así
7 F. Burbata	X		No subíamos
8 F. Cuitías		X	Aquí estaba la casa
9 F. García		X	Así queramos continuar
10 F. López	X		No tenemos dinero para cambiar
11 F. Flores	X		Vivimos en carrizales
12 F. Chanchella	X		Se cayó casa remodelar al fin de Month
13 F. Martínez	X		Aquí estaba la casa
14 F. Díaz		X	La casa estaba así
15 F. Giménez		X	Hoy que seguir las normas
16 F. Izabela	X		De lo mismo
17 F. Márquez	X		Detrás más van para el río
18 F. Andrade		X	Aquí estaba la casa
19 F. Arcebo	X		Es más fácil
20 F. Carrillo	X		Es lo mismo

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@ufpsa.edu.co - www.ufpsa.edu.co

ENCUESTAS A LAS FAMILIAS (RÍO CHIQUITO)

Fecha: Noviembre 26/2020

N° de familias	¿Vierten sus aguas residuales al Río?		¿Por qué?
	SI	No	
1 F. Lugo		X	La casa le construyo así
2 F. Pérez		X	Es mejor al calcantarillado
3 F. Ortega		X	No, queremos construir
4 F. Lucharte	X		Casi todos lo hacen
5 F. Díaz	X		Todos construimos de alguna forma
6 F. Isiano	X		La casa tiene las tuberías así
7 F. Meneses		X	Requisitos las leyes
8 F. Guerrero		X	Tenemos conciencia ambiental
9 F. Durán		X	Cambiamos las tuberías (antes sí)
10 F. Duarte	X		De todas formas va para el Tejo
11 F. Torres	X		Nadie nos dice nada
12 F. Arriola		X	La casa tiene las tuberías así
13 F. Arroyo		X	Recién está el calcantarillado
14 F. García	X		Es más fácil
15 F. Ortiz		X	Hay que cumplir las normas
16 F. García	X		Es más barato
17 F. López		X	Así estaba la casa
18 F. Giménez	X		Es lo mismo
19 F. Chinchilla		X	Cambiar las tuberías
20 F. Salazar		X	Es lo mejor



Apéndice 7. Registro fotográfico.

- Aforo en el Río Tejo.



- Aforo en el Río Chiquito.



- Toma de muestra de agua en el Río Tejo, antes de la captación, bocatoma la Tupia.



- Toma de muestra de agua en el Río Tejo, puente El Tejarito.



- Toma de muestra de agua en el Río Chiquito, puente de la Calle 12, Barrio Bruselas.

