

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	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 ACADÉMICO		1(95)	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	JAIRO FELIZZOLA PEÑA		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	WILSON ANGARITA CASTILLA		
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA BAJO PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA LA BRAVA DEL CORREGIMIENTO DE PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.		
<b>RESUMEN</b> (70 PALABRAS APROXIMADAMENTE)			
<p>EN LA QUEBRADA LA BRAVA, UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE OCAÑA, LA CALIDAD DEL AGUA FUE EVALUADA BAJO LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA CONSUMO HUMANO, ESTE SE LOGRÓ TENIENDO EN CUENTA LA INFORMACIÓN RECOLECTADA, LUEGO SE REALIZÓ EL TRABAJO DE CAMPO QUE CONSISTIÓ EN LA TOMA DE MUESTRAS PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS Y LA GEOREFERENCIACION DE CADA UNO DE LOS PUNTOS ANTES MENCIONADOS.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 95	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 16	CD-ROM: 1



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



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA BAJO PARÁMETROS FÍSICO-  
QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA LA  
BRAVA DEL CORREGIMIENTO DE PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE  
DE SANTANDER.

AUTOR:

JAIRO FELIZZOLA PEÑA

Trabajo de grado para Optar el Título de Ingeniero Ambiental

Director:

WILSON ANGARITA CASTILLA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Mayo de 2016

## **Agradecimientos**

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por formarme como profesional, al ingeniero Wilson Angarita Castilla, director del trabajo de grado.

## Índice

	<b>Pág.</b>
<b>Capítulo 1: Determinación de la calidad del agua bajo parámetros físico-químicos y microbiológicos para consumo humano de la quebrada la Brava del corregimiento de Pueblo Nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Formulación del problema.	2
1.3 Objetivos.	2
1.3.1 General.	2
1.3.2 Específicos.	2
1.4 Justificación.	3
1.5 Delimitaciones.	4
1.5.1 Delimitación operativa	4
1.5.2 Delimitación conceptual.	4
1.5.3 Delimitación geográfica.	5
1.5.4 Delimitación temporal.	5
<b>Capítulo 2: Marco referencial</b>	<b>6</b>
2.1 Marco histórico.	6
2.1.1 Antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel mundial.	6
2.1.2 Antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel nacional.	13
2.1.3 Antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel local.	15
2.2 Marco teórico.	21
2.3 Marco conceptual.	24
2.3.1 Calidad del agua.	24
2.3.2 Microcuenca.	26
2.3.3 Desechos orgánicos.	26
2.3.4 Evapotranspiración.	26
2.3.5 Escurrimiento superficial.	27
2.3.6 Sustancias químicas inorgánicas.	27
2.3.7 Nutrientes vegetales inorgánicos.	27
2.3.8 Compuestos orgánicos.	27
2.3.9 Sedimentos y materiales suspendidos.	28
2.3.10 Sustancias radiactivas.	28
2.3.11 Contaminación térmica.	28
2.3.12 Parámetros físicos en el agua.	28
2.3.13 Parámetros químicos en el agua.	30
2.3.14 Parámetros microbiológicos en el agua	33
2.3.15 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.	35
2.4 Marco legal.	36
2.4.1 Constitución política de Colombia de 1991.	36
2.4.2 Decreto 1449 de 1977.	37

2.4.3 Decreto 1541 de 1978	37
2.4.4 decreto 1575 del 2007.	37
2.4.5 Decreto 2811 de 1974	37
2.4.6 Ley 79 de 1986	37
2.4.7 Resolución 2115 de 2007	37
2.4.8 Decreto 2857 de 1981.	38
2.4.9 Resolución 2115 de 2007.	38
2.5 Marco contextual.	39
<b>Capítulo 3: Diseño metodológico</b>	<b>43</b>
3.1 Tipo de investigación.	43
3.2 Población.	44
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.	44
3.4 Procesamiento y análisis de la información.	46
<b>Capítulo 4: Presentación de resultados</b>	<b>47</b>
4.1 Georeferenciación del área de estudio para definir los puntos de muestreo y análisis de la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.	47
4.2 Análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua recolectadas en los puntos definidos de la quebrada la brava del corregimiento de Pueblo Nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.	50
4.3 Evaluación bajo un análisis estadístico-descriptivo versus estándares permisibles los resultados obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.	52
<b>Capítulo 5: Conclusiones</b>	<b>68</b>
<b>Capítulo 6: Recomendaciones</b>	<b>70</b>
<b>Referencias</b>	<b>72</b>
<b>Apéndices</b>	<b>76</b>

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Recursos.	4
Tabla 2. Resultados Ph (potencial de hidrogeno) quebrada la brava	52
Tabla 3. Resultados Turbiedad quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	53
Tabla 4. Resultados del Color quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	54
Tabla 5. Resultados de Sulfatos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	55
Tabla 6. Resultados de Hierro de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	56
Tabla 7. Resultados de la Dureza de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	57
Tabla 8. Resultados de la Alcalinidad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	58
Tabla 9. Resultados de los Coliformes totales de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	59
Tabla 10. Resultados de la Escherichia Coli de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	59
Tabla 11. Resultados de los Aerobios Mesofilos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	60
Tabla 12. Resultados de los Nitratos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	61
Tabla 13. Resultados de los Nitritos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	62
Tabla 14. Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto 1 (Distribución)	63
Tabla 15. Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto 2 (distribución)	65
Tabla 16. Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto 3 (distribución)	66

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización general del proyecto	47
Figura 2. Alturas veredales	48
Figura 3. Red hídrica	49
Figura 4. Localización del tanque de almacenamiento	50
Figura 5. Resultados del agua cruda.	51
Figura 6. Comparación resultado de Ph quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	52
Figura 7. Comparación resultado de la Turbiedad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	53
Figura 8. Comparación resultado del color de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	54
Figura 9. Comparación resultado de sulfatos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	55
Figura 10. Comparación resultado del hierro de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	56
Figura 11. Comparación resultado de la dureza de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	57
Figura 12. Comparación resultado de la alcalinidad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo.	58
Figura 13. Comparación resultado de la Escherichia Coli de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	60
Figura 14. Comparación resultado de los Aerobios Mesofilos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	61
Figura 15. Comparación resultado de los Nitratos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	62
Figura 16. Comparación resultado de los Nitritos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo	63

## Lista de Apéndices

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Mapas de la quebrada la brava, corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander.	77
Apéndice B. Fotografías de la zona de estudio	79

## Resumen

En la quebrada la Brava, ubicada en el corregimiento de Pueblo Nuevo, Municipio de Ocaña, la calidad del agua fue evaluada bajo los parámetros físico-químicos y microbiológicos para consumo humano, este se logró teniendo en cuenta la información recolectada, luego se realizó el trabajo de campo que consistió en la toma de muestras para su posterior análisis y la georeferenciación de cada uno de los puntos antes mencionados y hacer visualización de la zona donde se identifique los posibles factores que influyan en la afectación de la microcuenca, entre otros.

La información fue recopilada siguiendo el recorrido del agua por la planta de tratamiento, mediante observación subjetiva del funcionamiento de los equipos y las unidades de tratamiento, junto con la colaboración del técnico operador, que hizo más preciso el informe con sus comentarios respecto a las actividades que se realizan para la potabilización del agua.

Con la información recolectada durante la evaluación, se realizó una valoración y se plantearon conceptos, conclusiones y recomendaciones, con el fin de mejorar los procesos de potabilización y distribución de agua potable a la comunidad

## **Introducción**

Si se toma en cuenta el dicho que “el agua es vida”, fácilmente se puede expresar porque los asentamientos humanos se confinaban donde este elemento estaba disponible. Con el paso del tiempo y crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras de mayor tamaño con la finalidad de abastecer a la población día a día incrementa el número de habitantes y mejorar cada vez la calidad del servicio.

El abastecimiento de agua con calidad es esencial para el mejorar la vida de una población, es por eso el compromiso de suministrar un adecuado servicio de agua a la comunidad es prioritario. Se han adelantado obras de mejoramiento de la cobertura de los servicios de abastecimiento y acueducto, sin que esto garantice la calidad del agua potable para la comunidad que recibe estos servicios.

Con el desarrollo social y económico que se viene presentando en el municipio es importante contar con un conjunto de estructuras que permitan el abastecimiento de agua potable a los usuarios.

Este documento comprende una breve descripción de la normativa aplicable a la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano, el análisis de muestras tomadas para establecer la calidad del agua en relación al cumplimiento de la normativa, detallando los parámetros que con mayor frecuencia se incumplen y así generar las

recomendaciones adecuados para que de ser necesario se adopten medidas de fortalecimiento y encaminadas al cumplimiento de la legislación.

# **1 Determinación de la calidad del agua bajo parámetros físico-químicos y microbiológicos para consumo humano de la quebrada la Brava del corregimiento de Pueblo Nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

## **1.1 Planteamiento del problema.**

Pueblo nuevo se localiza en la zona centro nor occidente del municipio de Ocaña, cubriendo una extensión superficial de 0.051 km<sup>2</sup>, equivalente al 8.12% del territorio municipal. Desde hace muchos años esta población se ha abastecido de la quebrada la brava para satisfacer sus necesidades básicas y así poder desarrollar sus actividades diarias. El gobierno municipal ha mantenido en el olvido a esta población al no entrar en funcionamiento la planta de tratamiento de agua potable que se construyó en la zona con la única intención de tratar el agua y garantizar que estos habitantes tuviesen el servicio que cumpliera con los parámetros exigidos por la normatividad colombiana, pero esto nunca fue y estas obras solo quedaron en el olvido lo cual obligo a que la junta de acción comunal se organizara y decidiera tomar el agua directamente del afluente, almacenarla en unos tanques y distribuirlas a cada una de las viviendas de la zona, sin que exista un tratamiento previo al consumo humano que garantice la calidad y que no se presenten problemas de tipo sanitario con alrededor de 300 personas que son las que se abastecen a diario de esta microcuenca. (República de Colombia, Municipio de Ocaña, Concejo Municipal)

Actualmente en el corregimiento de Pueblo Nuevo, municipio de Ocaña, las fuentes hídricas han sufrido una gran afectación en su calidad y disminuyendo considerablemente su caudal sumado a esto los principales factores son el aprovechamiento del recurso hídrico sin la

concesión de aguas por parte de las autoridades competentes el crecimiento poblacional donde la infraestructura no asegura las condiciones óptimas y sanitarias debido al mal manejo de las aguas residuales realizando vertimientos a las quebradas de forma indiscriminada; ya que la población en el área rural no cuentan con los ingresos suficientes para la construcción de pozos sépticos y evitar el vertimiento de aguas residuales a la quebrada estudiada.

## **1.2 Formulación del problema.**

¿La calidad físico-química y microbiológica del agua de la quebrada la brava del corregimiento pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander se encuentra bajo los parámetros permisibles para el consumo humano?

## **1.3 Objetivos.**

**1.3.1 General.** Determinar la calidad del agua bajo parámetros físico-químicos y microbiológicos para consumo humano de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander.

**1.3.2 Específicos.** Georeferenciar el área de estudio para definir los puntos de muestreo y análisis de la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua recolectadas en los puntos definidos de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Evaluar los resultados obtenidos de las muestras de agua, bajo parámetros permisibles de calidad del agua en la normatividad colombiana, de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

#### **1.4 Justificación.**

El agua es un recurso natural fundamental e insustituible, sin el cual no es posible la vida, ni la actividad del hombre (Hanssen, 1996); indispensable para el funcionamiento de los diferentes procesos del medio ambiente y para el desarrollo de las comunidades (económicas y sociales) dentro de parámetros del desarrollo sostenible como las actividades asociadas a su aprovechamiento en los diferentes usos (consumo humano, agropecuario, industrial y recreacional).

Determinar la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento pueblo nuevo del municipio de Ocaña, norte de Santander es importante para garantizar el bienestar de los habitantes de esta población ya que con esta investigación se está determinando la calidad actual del agua para el consumo humano, el cual requiere una serie de monitoreos, evaluar los parámetros, mediante etapas como: muestreos en puntos estratégicos del afluente con intervalos específicos para así obtener datos verídicos utilizados para conocer las condiciones actuales de

calidad de este sistema hídrico. Todo esto se debe a que actualmente no se conocen las características del agua que están consumiendo alrededor de 300 personas, de tal manera se debe proporcionar información para acciones futuras en busca de mejorar el servicio básico y evitar efectos negativos en sus pobladores al ingerir agua en condiciones por fuera de los niveles permisibles.

## 1.5 Delimitaciones.

### 1.5.1 Delimitación operativa

**Tabla 1.**

*Recursos*

RECURSO HUMANO	MATERIALES
JAIRO FELIZZOLA PEÑA	GPS
	DECAMETRO
	BITACORA
HABITANTES DE LA ZONA	CAMARA
	MACHETE
	ESTACAS

Fuente. Autor del proyecto

**1.5.2 Delimitación conceptual.** En el desarrollo de las actividades del hombre las micro cuencas son de vital importancia, por ello la necesidad de consérvalas y conocer en qué condiciones se encuentran sabiendo que el agua es utilizada para el consumo humano y tareas a fines.

**1.5.3 Delimitación geográfica.** El proyecto de investigación se desarrollara en la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander.

**1.5.4 Delimitación temporal.** El proyecto de investigación se desarrollara en un término de cuatro meses para el alcance de los objetivos.

## 2 Marco referencial

### 2.1 marco histórico.

**2.1.1 antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel mundial.** Hace aproximadamente 7000 años en Jericó (Israel) el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recursos de agua, además se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas y más tarde se comenzarían a utilizar tubos huecos. Alrededor del año 3000 A.C., la ciudad de Mohenjo-Daro (Pakistán) utilizaba instalaciones de distribución y necesitaba un suministro de agua muy grande.

En la antigua Grecia el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas desde épocas muy tempranas. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución) del agua. El agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua.

Ellos utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Los romanos construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua.

El sistema de tratamiento por aireación se utilizaba como método de purificación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas. En los sistemas de tuberías en las ciudades utilizaban cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo. Las fuentes de agua se protegían de contaminantes externos.

Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 D.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría.

Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores. El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow. En 1806 en París empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. (Lenntech, 2000)

El agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y su capacidad era de seis horas. En 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

La disponibilidad de agua de buena calidad ha guiado la historia de la humanidad desde sus principios. Desde mucho antes de que los seres humanos anduvieran erguidos, sus movimientos sobre la faz de la tierra han estado motivados, principalmente, por la obtención de agua y otros alimentos. Una mirada a un mapa de cualquier región o país nos muestra la disposición de los asentamientos humanos: aldeas, pueblos, ciudades, se estructuran en torno a ríos, lagos, manantiales, canales u otras fuentes de agua. Incluso un rápido recorrido por las poblaciones de nuestro entorno nos permite constatar la importancia del agua en su ubicación, su estructura o su toponimia; Fuentes de Ebro, Urrea de Jalón o San Mateo de Gállego son sólo una muestra en la provincia de Zaragoza.

La preocupación por la calidad del agua se ha manifestado más por la búsqueda de suministros saludables que por los tratamientos para mejorar sus propiedades. Aunque se dispone de evidencias sobre tratamientos de agua efectuados 2000 años a.C., las referencias bibliográficas son escasas. Si buscamos fundamentos científicos para estos tratamientos, o criterios de calidad con algún rigor científico, no los encontramos hasta entrado el siglo XIX. Varios son los motivos de este déficit de referencias y de rigor científico:

La evolución demográfica: mientras las poblaciones han mantenido tamaños que permitían la disponibilidad de agua de calidad en abundancia para todos, no se ha planteado la necesidad de tratarla. Es con el surgimiento de las grandes urbes cuando aparecen los problemas. Además del aumento natural del número de habitantes de las poblaciones, el desequilibrio producido por la masiva emigración a las ciudades ha sido uno de los desencadenantes más

importantes de los problemas de abastecimiento de agua, no sólo por el aumento del consumo, sino también por el incremento de la contaminación.

El cambio en los hábitos de vida. Las primeras civilizaciones tenían como actividad principal la agricultura y destinaban la mayor parte del agua para riego (para lo cual no requería ser tratada). Aquellas personas que disponían de medios para llevarla a sus hogares la utilizaban para beber y cocinar. Progresivamente se han ido añadiendo otras utilidades al agua: la higiene y los electrodomésticos son la principal causa del aumento del consumo doméstico de agua; además, en las sociedades modernas aparecen nuevos usos para el agua: industriales (la industria no sólo utiliza el agua como componente de los productos que fabrica, sino también como agente refrigerante, disolvente, ...), recreativos (parques acuáticos, riego de jardines, ...) u otros usos.

La falta de conocimientos científicos adecuados y en particular el desconocimiento sobre el origen de las enfermedades. Es uno de los factores más determinantes para explicar la escasez de referencias históricas a los tratamientos del agua. Las antiguas civilizaciones no disponían de otros criterios que la transparencia, el olor o el sabor para decidir sobre la calidad del agua y, aunque desde muy antiguo se ha relacionado el agua con ciertas enfermedades, hasta no hace mucho tiempo no se explicaba con el debido rigor científico esta relación.

De otra parte algunos textos mencionan que para las evaluaciones de calidad de agua, diferentes organizaciones de varias nacionalidades involucradas en el control del recurso hídrico, han usado históricamente y de manera regular, Índices Físicoquímicos. Sin embargo, mientras que los índices de calidad de agua aparecen en la literatura a principios de 1965 (Horton, 1965),

a ciencia del desarrollo de los índices de calidad de agua no madura hasta los 70s. Esto pudo deberse en parte a que no fueron ampliamente utilizados y aceptados por las diferentes agencias de monitoreo de la calidad acuática.

El índice General de Calidad de Agua fue desarrollado por Brown et al. (1973) mejorado por Deininger para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975. El Departamento Escocés para el Desarrollo (SSD), en colaboración con instituciones regionales para la preservación de la calidad del río, The Solway Pufication Board (Solway RPB) y la Tweed Purification (Tweed RPB), llevaron a cabo extensas investigaciones para evaluar la calidad del agua en ríos de Escocia.

En 1978 Ott, presenta una discusión detallada sobre la teoría de índices ambientales y su desarrollo como también una revisión sobre los índices de la época. Según Cude (2001), desde 1978 hasta 1994, revisiones de literatura de los índices de calidad de agua desarrollados desde su introducción, han revelado enfoques nuevos y han proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de los índices (Dinius, 1978). Sólo hasta 1980, el Departamento de Calidad Ambiental de Oregón, desarrolló su propio índice a partir del NSF, sin embargo, su aplicación fue discontinua dada la dificultad de su cálculo en computadores de primera generación. Entre 1995 y 1996 se desarrollaron, entre otros, los siguientes avances: la Estrategia de Evaluación de la Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment-SAFE) que formuló un índice en 1995. El índice de British Columbia (BCWQI) desarrollado en 1996 y El Programa de Mejoramiento de la Cuenca Baja de (WEP, 1996) que desarrolló un índice en 1996.

Muchos de los recientes índices de calidad de agua tienen como aspecto común, su cálculo sobre la base de los siguientes 3 pasos consecutivos:

Selección de Parámetros.

Determinación de los valores para cada parámetro: subíndices.

Determinación del Índice por la agregación de los subíndices.

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

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

**Criterios de diseño para un índice de calidad del agua.** Desde sus principios la base de la mayoría de los índices, la constituyó la metodología Delphi, que se aplicó al índice de Calidad de Agua desarrollado por “The National Sanitation Foundation (NSF)”, que consistió

básicamente en la asignación de factores de ponderación a parámetros físicos, químicos y biológicos, por la sumatoria de los valores de los subíndices en un valor final que expresa el valor total del índice. Este método implica la simplificación y el uso de juicios subjetivos.

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

En este último año, un estudio realizado por Helmond y Breukel, demostró que por lo menos 30 índices de calidad de agua son de uso común alrededor del mundo, y consideran un número de variables que van de 3 a 72. Prácticamente todos estos índices incluyen por lo menos 3 de los siguientes parámetros: O<sub>2</sub>, DBO y/o DQO, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N, pH y sólidos totales. (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales)

Para el caso Latinoamericano, en México se han desarrollado diversos índices de Calidad de Agua a medida que la normatividad se ha desarrollado (Montoya, 1997). Dentro de los

índices generales de común utilización en este país se encuentran, los de Horton, Brown, Prati, Mcduffi, Dinius y el INDIC-SEDUE.

El índice INDIC-SEDUE fue el primero en desarrollarse y aplicarse en México y en Jalisco, tuvo un uso común en la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Subdelegación de Ecología de la Delegación SEDUE-JALISCO (González, 1980). Este índice de Calidad de Agua está basado en el índice desarrollado por Dinius y adaptado y modificado por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) de la SEDUE.

**2.1.2 Antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel nacional.** En Colombia de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2002). La medición de parámetros fisicoquímicos es una actividad rutinaria. Sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad de agua, a pesar de las recomendaciones explícitas en la legislación y de los desarrollos de formulaciones propias como las de Ramírez y colaboradores (1997, 1999, 2005), aunque éstas sí vienen siendo aplicadas regularmente dentro de la industria del petróleo. Tan solo algunas corporaciones autónomas regionales en las ciudades de Santafé de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali y Manizales, aplican formulaciones de origen norteamericano en sus programas de monitoreo. En 2002, diferentes entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental Colombiano, incursionaron sobre la base de los desarrollos de Ramírez y Viña (1998) y otros autores en el diseño de 14 indicadores ambientales, de los cuales 3 corresponden a la oferta hídrica, 2 a la sostenibilidad del recurso, 6 a la calidad del agua dulce y 3 ICAs adicionales para las aguas marinas y costeras.

A pesar de este importante esfuerzo, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización (IDEAM et al, 2002). Como se puede ver y a pesar de los desarrollos en el ámbito mundial y local en cuanto al desarrollo de ICAs-ICOs, en la actualidad se hace necesario dentro del marco de la valoración y manejo del agua, desarrollos de Sistemas Integrados de Evaluación del Recurso Hídrico y no tan sólo de formulaciones separadas.

De otra parte se debe decir que el Estudio Nacional del Agua (IDEAM), la medición de parámetros fisicoquímicos es una actividad rutinaria. Sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad de agua, a pesar de las recomendaciones explícitas en la legislación, algunas corporaciones autónomas regionales en las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali y Manizales, aplican formulaciones de origen norteamericano en sus programas de monitoreo. En 2002, diferentes entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental Colombiano, incursionaron sobre la base de los desarrollos de Ramírez y Viña (1998) y otros autores en el diseño de 14 indicadores ambientales, de los cuales 3 corresponden a la oferta hídrica, 2 a la sostenibilidad del recurso, 6 a la calidad del agua dulce y 3 índice de la calidad del agua (ICAs) adicionales para las aguas marinas y costeras.

A pesar de este importante esfuerzo, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización. Como se puede ver y a pesar de los desarrollos en el ámbito mundial y local en cuanto al desarrollo de ICAs-ICOs, en la

actualidad se hace necesario dentro del marco de la valoración y manejo del agua, desarrollos de Sistemas Integrados de Evaluación del Recurso Hídrico y no tan sólo de formulaciones separadas. (IDEAM)

**2.1.3 Antecedentes históricos de la calidad del agua a nivel local.** A nivel local se han hecho estudios a las aguas del río Algodonal, los cuales se exponen a continuación:

Una interesante investigación realizada por La Universidad Francisco de Paula Santander-Ocaña, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente y CORPONOR, titulado "CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ALGODONAL EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL BATALLÓN DE INFANTERÍA N° 15 GENERAL SANTANDER Y LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TEJO - ALGODONA", de 2007, que consta de 92 páginas nos acerca al problema que se ha venido denunciando desde hace muchos años atrás, pero sobre el que no se llevan a cabo acciones contundentes.

Estos son algunos apartes del documento:

"La Cuenca a la que pertenece el río Algodonal es considerada a nivel nacional como una Cuenca de carácter prioritario, por ser ésta una Cuenca binacional, debido a que desemboca en el lago Maracaibo (Venezuela). Condición lo convierte en un objetivo de conservación, aumentando así el interés por mantener su caudal al cual que sus condiciones físico -químico y microbiológicas.

En la actualidad este recurso hídrico ha venido presentando una considerable alteración en sus propiedades, producto de la intervención antrópica en el ambiente impactando así la calidad de sus aguas. La tala indiscriminada, los cambios bruscos del clima consecuencia de la contaminación y los constantes vertimientos son las causantes directo de su desequilibrio.

En el municipio y poblaciones vecinas, el recurso es utilizado como fuente receptora de aguas servidas, es sumidero de descargas por escorrentía de sustancias tóxicas (agroquímicos), sumadas a otras actividades económicas que modifican sus características y disminuyen su oferta.

Como conclusiones se dice que se debe determinar la calidad y cantidad del agua del río Algodonal en los puntos de muestreo en el tramo comprendido entre el Batallón de Infantería No. 15 General Santander y 200 m abajo de la confluencia ríos Tejo – Algodonal basados en el Decreto 475 de 1998, la norma 1594 de 1984 y los índices de calidad de agua fluvial de Poch (1999), Bascaràn y aplicación de funciones de transformación, reporta las siguientes conclusiones:

Basados en los parámetros microbiológicos obtenidos en los análisis durante los periodos de verano e invierno se interpretó que ésta agua no es apropiada para ninguno de los usos doméstico, agrícola, estético o recreacional de contacto directo, puesto que sobrepasan los límites permisibles dados por la norma 1594 de 1984; por otro lado; según Poch (1999), el agua estudiada tiene características microbiológicas para dos de sus cuatro categorías, la categoría 2 determinada para amplios usos con precauciones; es decir, que tenga potabilización con

tratamiento intermedio, puede ser apta para la vida piscícola no tan exigente, para algunas zonas de baño muy localizadas y regadíos no tan exigentes; y la categoría 3 para uso restringido de potabilización con tratamiento avanzado, puede ser apta para peces y riego muy resistentes.

Con respecto a los parámetros físicos se observa que la temperatura no ejerce ninguna alteración en la calidad del agua según la norma y para Poch (1999) el agua es apta para todos los usos exigentes, de fácil potabilización, para la vida piscícola exigente, posibles zonas de baño, regadíos exigentes e interés ecológico; no obstante de acuerdo a los sólidos suspendidos totales es apropiada para amplios usos y usos restringidos en época de verano y sin actitudes en época de invierno.

En lo que se refiere a los criterios químicos son levemente altos con respecto a la norma, pese a esto, con un adecuado tratamiento puede tener calidad para uso doméstico y agropecuario. Para Poch el agua es apta para tres de sus cuatro categorías, para amplios usos con precauciones, usos restringidos y potabilización; y usos mínimos, resaltando que la cantidad de oxígeno disuelto sobrepasa ampliamente los límites requeridos para la degradación biológica y química en todas las categorías debiéndose esto al lecho rocoso del río que facilita la oxigenación del agua por el golpeteo de la corriente; y de igual manera los datos del pH están dentro de los rangos permisibles para cada categoría.

En comparación con anteriores estudios realizados, se dedujo que de igual manera el principal problema de contaminación del río algodonal se debe al alto índice de materia orgánica procedente de los residuos animales y del hombre.

Teniendo en cuenta que los caudales no fueron tomados en su totalidad, no fue posible hacer una evaluación comparativa con otros monitoreos debido a la poca representatividad de estos, por lo cual un análisis en estas condiciones no sería real y confiable.

El empleo de una correcta metodología es un buen instrumento de aplicación en el trabajo de campo y en los resultados de parámetros medibles; no obstante su ajuste debe efectuarse considerando las adaptaciones a las condiciones de la zona de influencia y los posibles límites durante el proceso de ejecución, pues de esto depende la veracidad de los resultados.

De la observación y monitoreo para determinar la zona de estudio se encontraron drenajes de agroquímicos y arrastre de materiales procedentes de las áreas de cultivos cercanas al afluente de carácter puntual que evidencian procesos continuos de deterioro en el río Algodonal.

(Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña-CORPONOR)

Las condiciones naturales permitieron establecer diferencias claras en el comportamiento por cambios de caudal, valores de parámetros, composición y cobertura en el área de influencia logrando concluir que se requieren ajustar métodos e instrumentos para la determinación de caudales en épocas de altas precipitaciones y obtener resultados más ciertos.

Los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos permitieron deducir que en el punto de estudio existe fuerte contaminación por materia orgánica, proveniente de la Granja de la Universidad y que por acción de las lluvias estos van directamente a la fuente.

La aplicación de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos corroboraron los resultados obtenidos en la interpretación de los índices de calidad y el estudio de los mismos en los dos períodos, cuyo resultado clasifica a la fuente hídrica en este tramo según el PBOT y el decreto 1594 /85 como agua mala y regular y de sus usos restringidos categoría tres a usos mínimos de categoría cuatro.

Faltan procesos de tratamiento en la Institución Educativa que permitan reducir la carga orgánica antes de su vertimiento al recurso hídrico con el fin de contribuir en su recuperación y mejorar las condiciones de vida en el entorno para el buen desarrollo de las especies del Ecosistema.

El río Algodonal se considera altamente contaminado después del punto de confluencia con el río Tejo, ya que existe un aporte de materia orgánica que realiza el Tejo muy elevado afectando las condiciones microbiológicas de este recurso, generando una deficiente calidad ambiental con respecto a estos parámetros.

El río Algodonal en épocas de fuertes lluvias presenta un gran caudal, la velocidad de la corriente es considerable y el transporte de sólidos es notable especialmente de aquellas partículas de suelo, material vegetal, desechos, entre otros que afectan la calidad del agua a causa de contaminación natural en épocas de invierno.

El hierro disuelto en el cauce del río Algodonal se presenta en grandes cantidades ya que existe un lavado de los nutrientes de los suelos de Ocaña que se caracterizan por la particularidad de poseer un color rojizo muy común en estas zonas.

Antes del punto de confluencia del río Tejo con el Algodonal se deduce que el agua es apta para uso pecuario, uso recreacional, uso de conservación de fauna y flora, uso industrial, esto para el periodo de invierno, para el de verano tan sólo se recomienda uso industrial, teniendo en cuenta un previo tratamiento.

La fuente hídrica del Algodonal después de recibir aguas del río Tejo, se considera apta para un uso industrial y pecuario en condiciones de invierno, no obstante no se recomienda ser utilizada para riego de cultivos, especialmente aquellos a base de hortalizas y árboles frutales, o los que su fruta deba consumirse con cáscara.

Existe una variación de caudal antes y después del punto de confluencia del río Tejo con el Algodonal, siendo el aporte del Tejo muy reducido en el mes de marzo, y considerable en el mes de mayo con unos niveles superiores.

Según el decreto de agua potable 475 de 1998, manifiesta que en cuanto los aspectos microbiológicos el agua presenta una alta contaminación y no puede ser utilizada antes ni después del punto de confluencia del río Tejo con el río Algodonal para actividades de consumo humano".

## 2.2 Marco teórico.

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (1984), como 'adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal'. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana. (Lloyd, B. (1982).)

La importancia del agua de bebida como vehículo de dispersión de enfermedades ha sido largamente reconocida. La mayor parte de las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, amebas, virus y helmintos.

Estos organismos causan enfermedades que varían en severidad y van desde ligeras gastroenteritis a severas, y algunas veces, a fatales enfermedades de proporciones epidémicas. La calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el Coliforme total y el termotolerante debe dársele la más alta prioridad dentro de la política del Abastecedor de agua.

De otra parte, la contaminación química también es importante, pero ello no está asociado con efectos agudos sobre la salud humana y por lo tanto debe tener una menor prioridad que la evaluación de la contaminación bacteriológica y que muchas veces resulta irrelevante en zonas

donde enfermedades relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias muestran elevados índices de prevalencia. (Organización Mundial de la Salud)

No obstante, el agua de buena calidad no es generalmente suficiente para asegurar la buena salud, es necesario que sean satisfechos tres aspectos adicionales: continuidad, cantidad y costo razonable. Adicionalmente, y al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos acerca del uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como la correcta disposición de excretas. Estas actividades de apoyo deben ser realizadas a través de programas educativos y complementarios a las actividades propias del Abastecedor a fin de evitar la creencia e impresión de que la calidad de agua por sí sola, previene las enfermedades.

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor. El agua en el sistema de distribución puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de distribución defectuosos, grifos contraincendio dañados, y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Otro factor de re-contaminación y de gran importancia en los países en vías de desarrollo donde existe déficit de agua, es la interrupción del sistema de abastecimiento, como resultado de la práctica de rotar el servicio de una a otra área de abastecimiento

De otra parte, en sistemas de baja confiabilidad como consecuencia de la restricción del servicio de abastecimiento de agua, es común el deterioro de la calidad físico, química y principalmente bacteriológica del agua a nivel intradomiciliario, durante su manipuleo y almacenamiento. (Stenström, T.A)

En teoría, la vigilancia tiene dos grandes componentes: a) el examen permanente y sistemático de la calidad del agua para confirmar que la fuente, el tratamiento y la distribución responden a objetivos y reglamentaciones establecidas, y b) la evaluación de la calidad microbiológica, físico química y su correlación con las enfermedades relacionadas con la calidad del agua en todo el sistema de abastecimiento de agua.

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos.

El agua ha estado siempre presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar las más diferentes formas de aprovechamiento. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades. En la Declaración de los Derechos del Hombre de 1948 se establece que toda persona tiene derecho a un nivel de vida suficiente para asegurar su salud, su bienestar y el de su familia, lo que sin lugar a dudas incluye el derecho humano al agua. (Informe Defensorial)

## **2.3 Marco conceptual.**

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

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

Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar importancia a los procesos de muestreo, las unidades y terminologías empleadas. Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos.

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

Características físicas. Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes:

Turbiedad

Sólidos solubles e insolubles

Color

Olor y sabor

Temperatura

PH

**2.3.2 Microcuenca.** Se conoce como un territorio delimitado por partes altas (parte aguas) cuyas aguas superficiales drenan a través de un mismo curso de agua, con una superficie menor a 5,000 has (50 km<sup>2</sup>) y una población integrada (de manera actual o potencial). Así mismo se determina como una subdivisión de una subcuenca, es decir, varias subcuencas forman una cuenca. Una microcuenca provee agua a uno o más mini riegos o abastecimientos de agua domiciliar.

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

**2.3.4 Evapotranspiración.** Es la pérdida de agua por evaporación y transpiración de una cuenca o microcuenca, tomado como referencia (gramíneas o pastos), debido a condiciones climáticas. (Organización Mundial de la Salud)

**2.3.5 Esguurrimiento superficial.** Es el volumen de las precipitaciones que caen sobre una cuenca, menos la retención superficial y la infiltración. Es función de la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrográfica considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo.

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

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

**2.3.8 Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etcétera acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

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

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

**2.3.11 Contaminación térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

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

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

**Turbiedad.** La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de la muestra de agua. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en un gran número de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

**Temperatura.** La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura. (Definición ABC)

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

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

Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos

**Nitritos.** Dióxido de Nitrógeno, NO<sub>2</sub>, formado por acción bacteriana sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Se usa como preservativo de algunos alimentos y es poco común en aguas por su facilidad de oxidación en nitrato. En dosis altas es perjudicial por sus efectos como vasodilatador cardiovascular, su contribución a la metahemoglobinemia en los infantes y la posible formación de nitrosaminas, las cuales son probables carcinógenos.

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

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

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

orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible de la Protección Social)

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

**Oxígeno Disuelto (OD).** Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua.

La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial.

**Significado sanitario.** El OD se utiliza para el control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes. Se mide para asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento. Los cambios biológicos producidos en un residuo líquido se conocen por la concentración de oxígeno disuelto.

Sirve como base para calcular la DBO. Es un factor de corrosión del hierro y el acero y se controla o elimina en sistemas de distribución de agua y vapor.

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

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

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

#### **2.3.14 Parámetros microbiológicos en el agua**

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

enzimática de  $\beta$  galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

**Coliformes totales.** Los coliformes totales son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C.

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo “coliforme” forman parte varios géneros: Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, etcétera. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etcétera. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario.

(Recuento de coliformes totales)

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

**2.3.15 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.** El agua puede ser un elemento conductor de microorganismos transmisores de enfermedades. Entre las enfermedades que se contraen por la ingestión de aguas contaminadas se pueden citar las siguientes:

Tifoidea, Paratifoidea, Disentería amebiana y Hepatitis.

El peligro de adquirir estas enfermedades se halla especialmente en las áreas rurales o urbanas donde los sistemas de potabilización no son acordes a las características de la fuente de abastecimiento.

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

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

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

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

La variedad de agentes patógenos cambia en función de factores variables como la densidad poblacional y animales, el mal manejo de las aguas residuales, los cambios de los hábitos de las personas o de las intervenciones médicas, los desplazamientos y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. Los microorganismos transmitidos por el agua se multiplican en el intestino y se eliminan por el cuerpo a través de las heces. Esto puede determinar la aparición de una contaminación fecal de las fuentes de suministro, entonces un nuevo hospedador puede consumir esa agua y el patógeno puede colonizar su intestino.

## **2.4 Marco legal.**

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

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

**2.4.3 Decreto 1541 de 1978,** por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto Ley

**2.4.4 decreto 1575 del 2007,** del ministerio de protección social del gobierno nacional se establecen los sistemas para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano.

**2.4.5 Decreto 2811 de 1974** “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.

**2.4.6 Ley 79 de 1986,** por la cual se declaran áreas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación del agua. (Declarada posteriormente inexecutable).

**2.4.7 Resolución 2115 de 2007** “Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”

En el año 1984, se expidió el Decreto 1594, en el que se definieron los límites permisibles para el vertimiento o descarga de residuos líquidos a un cuerpo de agua o alcantarillado sanitario; igualmente se establecieron los conceptos de cargas combinadas, sustancias de interés sanitario,

planes de cumplimiento de los usuarios contaminadores, tasas retributivas y marcos sancionatorios, entre otros aspectos. La perspectiva de esta norma es la regulación de la calidad en función de los usos del agua y el control de los efluentes a la salida de los mismos (“control al final del tubo”)

**2.4.8 Decreto 2857 de 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. Artículo 3.- Condiciones del aprovechamiento. El aprovechamiento de los recursos naturales y demás elementos ambientales se realizarán con sujeción a los principios generales establecidos por el Decreto-ley 2811 de 1974 y, de manera especial, a los criterios y previsiones del artículo 9 del mismo estatuto.

Toda actividad que por sus características pueda producir un deterioro grave a los recursos naturales renovables de la cuenca, disponga o no ésta de un plan de ordenación, deberá autorizarse por la Entidad Administradora de los Recursos Naturales Renovables, previa elaboración y presentación del respectivo estudio de efecto ambiental. (Decreto 2857 de 1981)

**2.4.9 Resolución 2115 de 2007.** Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

## **2.5 Marco contextual.**

Ocaña es un municipio colombiano ubicado en la zona noroccidental del departamento de Norte de Santander. Está conectada por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta. La provincia de Ocaña posee el Área Natural Única Los Estoraques ubicado a 1 kilómetro de La Playa de Belén "Bien de Interés Cultural" y "Monumento Nacional" y a 27 kilómetros de la ciudad de Ocaña.

La población está constituida como la segunda población del departamento después de Cúcuta con más de 100.000 habitantes incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km<sup>2</sup>, que representa el 2,2% del departamento. Su altura máxima es de 1 202 msnm y la mínima de 761 m.

El municipio de Ocaña se divide en 18 corregimientos. Cerro de las Flores, Quebrada de la Esperanza, Las Chircas, Llano de los Trigos, Aguas Claras, La Floresta, Portachuelo, Otaré, Pueblo Nuevo, La Ermita, Agua de la Virgen, Buenavista, Mariquita, Las Lizcas, Espíritu Santo, El Palmar y Venadillo. (Páez García, 2009)

La ciudad de Ocaña fue fundada el 14 de diciembre de 1570, por el capitán Francisco Fernández de Contreras, como parte del tercer proyecto poblador del oriente, patrocinado por la Audiencia y el Cabildo de Pamplona.

La fundación tuvo por objeto la búsqueda de una vía que comunicara el núcleo urbano de Pamplona con el mar Caribe y el interior del Nuevo Reino.

Debido a la localización geográfica del poblamiento, la Audiencia de Santafé, presidida por Andrés Díaz Venero de Leiva, determinó que la nascente villa quedara bajo la jurisdicción de la Provincia de Santa Marta, siendo gobernador de ésta, don Pedro Fernández del Busto.

El nombre de Ocaña le fue puesto al nuevo poblamiento, como homenaje a Fernández del Busto, natural de Ocaña, en España.

Los pueblos prehispánicos que habitaron la región, fueron los denominados tradicionalmente como HACARITAMAS y la llamada CULTURA MOSQUITO o BAJOMAGDALENENSE, esta última de filiación Caribe, según las investigaciones hasta ahora realizadas. Su nombre en lengua nativa, fue el de ARGUTACACA, según lo registran documentos del siglo XVI.

En 1575, Ocaña obtiene el título de ciudad, como consta en los documentos oficiales de la época. A finales del siglo XVI, una vez sometidas las tribus de la zona, se inician las colonizaciones, cuya área de influencia corresponde a lo que es hoy la Provincia de Ocaña y algunas poblaciones del sur del Cesar y de Bolívar.

Puerto Nacional, cercano a Gamarra, debió su aparición al mismo fundador de Ocaña; Río de Oro (Cesar), nació debido al empeño de los frailes agustinos y del encomendero Antón García de Bonilla y a la labor de los agustinos, cuyo convento estaba inicialmente en Ocaña;

Teorama, Hacarí, El Carmen, La Playa, Aspasica, Pueblo Nuevo, Buenavista, San Calixto, Bucarasica y Cáchira, se iniciaron como centros agrícolas de los fundadores y pobladores de Ocaña. Convención, surge en 1829 y La Cruz (hoy Abrego), consolida oficialmente su poblamiento en 1810.

Durante la Colonia, Ocaña perteneció como cantón a la Provincia de Santa Marta; luego, cantón de Mompos; después, departamento, y el 29 de mayo de 1849 (Ley 64), Provincia, integrada por los distritos parroquiales de Ocaña, Río de Oro, Convención, Loma de Indígenas, San Antonio, Brotaré, Teurama, La Cruz, Aspasica, la Palma, Pueblo Nuevo, Buenavista, Los Ángeles, Loma de Corredor, Aguachica, Puerto Nacional, Simaña, San Bernardo, Badillo y Tamalameque.

En el transcurso de la guerra de Independencia, la zona de Ocaña cobra singular importancia estratégica. Aquí Bolívar (1813), quien denominó la ciudad "brava y libre", consolidó sus fuerzas para la Campaña Admirable con tropas momposinas y de la región. En 1815, Santander hace su entrada a Ocaña recibiendo allí el nombramiento de Comandante General de las tropas de reconquista del norte. Entre los mártires ocañeros de la Independencia, se destaca don Miguel Pacheco y doña Agustina Ferro, fusilada por la guerrilla realista de Los Colorados, el 20 de enero de 1820. El 9 de abril de 1828, se reunió en el templo de San Francisco (monumento nacional desde 1937), la Convención constituyente cuyo propósito era el de reformar la Carta expedida en Cúcuta en 1821. En dicha Convención, se enfrentaron las fracciones santanderista y boliviana, produciendo como resultado la dictadura de Bolívar, el atentado contra su vida y, finalmente, la disolución de la Gran Colombia.

A partir de 1963, se inicia la transformación urbana de la ciudad a raíz de invasiones que modifican el esquema ortogonal inicial, dando como resultado la ciudad que vemos hoy, mezcla de arquitectura colonial, republicana y moderna.

Clima. La temperatura promedio de Ocaña es de 22 °C. Piso térmico templado, con una temperatura no menor a los 8 °C y no mayores a los 25 °C. Precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 mm anuales, las lluvias durante el primer semestre son escasas. Los meses de lluvia son, agosto, septiembre, octubre y noviembre, éste último es aprovechado para los cultivos semestrales.

De otra parte Pueblo Nuevo es un pequeño corregimiento en el departamento de Norte de Santander, en Colombia, reducto de lo único que se conserva históricamente colonial en todo el municipio de Ocaña. Fue el asentamiento de los primeros conquistadores que se disponían a fundar por orden de la Corona española, una ciudad que permitiera el fluido del comercio que se originaba desde Venezuela. Aún hoy día se mantienen en pie las casas de Tapia Pisada, o Adobe, fabricación artesanal heredada de los españoles. También es muy interesante el paisaje de riqueza ecológica, se puede recorrer por caminos de una belleza inconmensurable, se divisa a pocos minutos del corregimiento toda la inmensidad del gran río Magdalena, que fractura en su recorrido al país en dos, y se puede recorrer la cordillera oriental con su espléndida geografía y naturaleza.

### **3 Diseño metodológico**

Respecto a la demanda y oferta hídrica en la quebrada la Brava el recurso es para uso doméstico por lo que para determinar la cantidad y la calidad del recurso hídrico, se utilizó una metodología descriptiva evaluativa teniendo en cuenta que en la quebrada se tomaron tres muestras puntuales en tres puntos diferentes (alta, media y baja) de esta forma se dió una perspectiva más clara de las condiciones en que se encuentra actualmente la micro cuenca ya mencionada.

Para la ejecución del proyecto de caracterización del cuerpo de agua proveniente de la microcuenca quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo, Municipio de Ocaña, Norte de Santander, se tienen en cuenta una serie de actividades alcanzables en un periodo a corto plazo, por lo que se va a observar el estado actual en que se encuentra la quebrada y de esta forma realizar los análisis pertinentes sobre el recurso hídrico.

#### **3.1 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación a desarrollar en este trabajo es de carácter descriptivo evaluativo donde se pudo conocer en qué condiciones físico-químicas y microbiológicas se encuentra el agua de la quebrada la brava que abastece el corregimiento de Pueblo Nuevo, Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### **3.2 Población.**

La microcuenca la Brava, ubicada en el corregimiento de Pueblo Nuevo abastece a aproximadamente 300 habitantes.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.**

Se hizo una recopilación de la información y organización. Luego se realizó el trabajo de campo que consiste en la toma de muestras para su posterior análisis y la georeferenciación de cada uno de los puntos, donde se hizo un recorrido por toda la zona evidenciando la presencia de algunas fuentes de contaminación para el afluente como la presencia de bovinos pastoreando el sector antes mencionado y siguiendo con la visualización de la zona para identificar otros posibles factores que influyan en la afectación de la microcuenca.

El proyecto constó de 3 etapas o fases en las cuales se describirán más adelante.

Para la primera fase de la investigación se tuvo como actividad, realizar una georeferenciación en la microcuenca principalmente en los puntos de muestreo mediante un GPS realizaremos visitas de campo en las cuales se recolectarán evidencias fotográficas sobre la zona y un recorrido con la finalidad de identificar posibles fuentes de contaminación tales como la presencia de bovinos u otras fuentes que alteren las condiciones físico-químicas y microbiológicas del afluente.

La segunda fase es la recolección de las muestras respectivas del efluente para su posterior análisis en el laboratorio, para esto se realizara la toma de 3 muestras en tres puntos diferentes, de la siguiente manera, se tomó un punto a 200 metros arriba del tanque de recepción, otro punto se tomó en la parte media de la micro cuenca y por último a 200 metros abajo del tanque de almacenamiento en los puntos de muestreo correspondientes. Para la recolección de las muestras para el análisis físico químicos (pH, Dureza Total, Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, nitritos, nitratos, hierro total, color, conductividad, sulfatos y turbiedad) y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) se utilizaran las siguientes herramientas de trabajo:

1cava para el guardado y cuidado de las muestras tomadas.

6 recipientes (3 frascos para la medición microbiológica)

1cronometro.

Cinta de enmascarar.

Lapiceros.

1 recipiente de 1 litro para medición del caudal.

La bitácora

La tercera fase es el análisis estadístico descriptivo de los resultados de los parámetros físico químicos (pH, Dureza Total, Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, nitritos, nitratos, hierro total, color, conductividad, sulfatos y turbiedad) y microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales) de la quebrada la Brava del corregimiento de Pueblo Nuevo Municipio de Ocaña, Norte de Santander, Estos se realizaron en el laboratorio de aguas de ADAMIUAIN.

### **3.4 Procesamiento y análisis de la información.**

La información recopilada mediante los instrumentos antes mencionados fue captada directamente por los autores del trabajo, permitiendo un contacto directo que establezca parámetros definidos para hacer el estudio de manera efectiva, con el uso de los programas de Excel, Word, entre otros.

## 4 Presentación de resultados

**4.1 Georeferenciación del área de estudio para definir los puntos de muestreo y análisis de la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

El proyecto se localiza en la vereda Pueblo Nuevo del municipio de Ocaña, Norte de Santander con un área total veredal de 873.84Ha según los datos geográficos obtenidos mediante el procesamiento de los archivos SHP descargado de SIG OT con coordenadas planas según el sistema de referencia MAGNA SIRGAS COLOMBIA BOGOTA X: 1075873.23682; Y 1401448.62506 la vereda se encuentra ubicada al sur occidente del casco urbano municipal

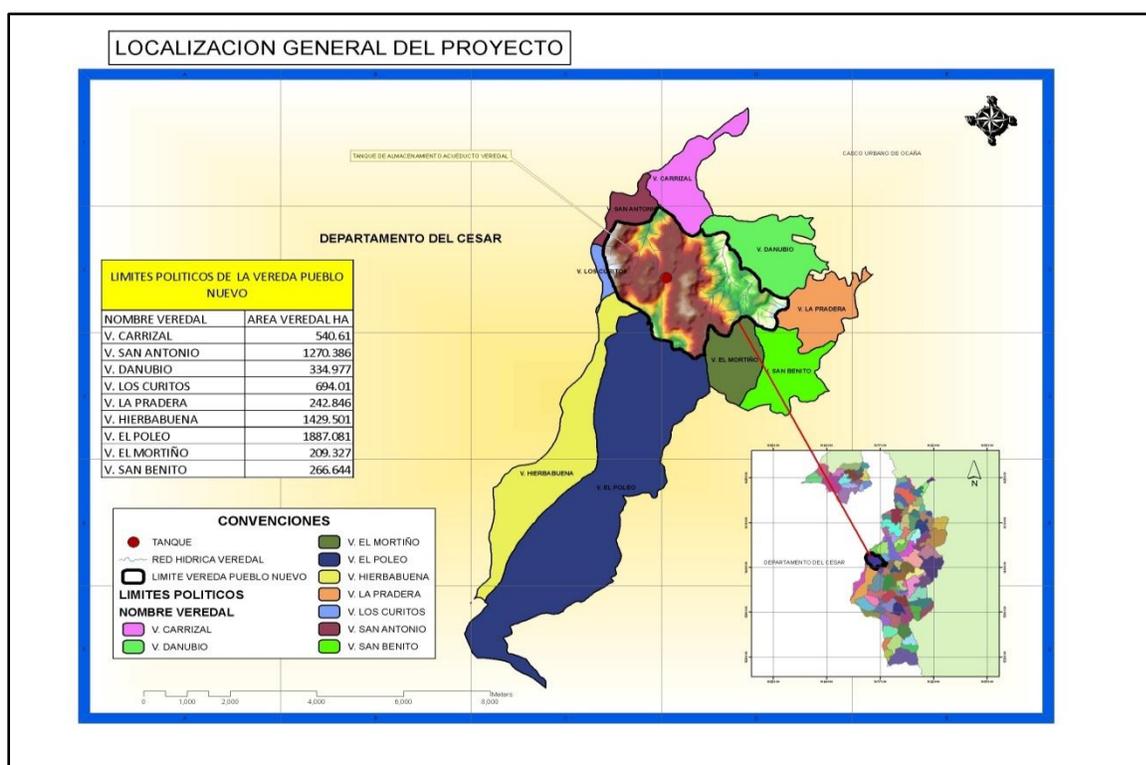


Figura 1. Localización general del proyecto

**Elevación promedio.** Después de realizar el Geoproceso a un modelo digital de elevación y su respectiva reproyección al sistema MAGNA SIRGAS COLOMBIA BOGOTA se pudo establecer según la salida grafica que las altura mínima de la vereda esta en 1283mtr y la máxima en 1851mtrs

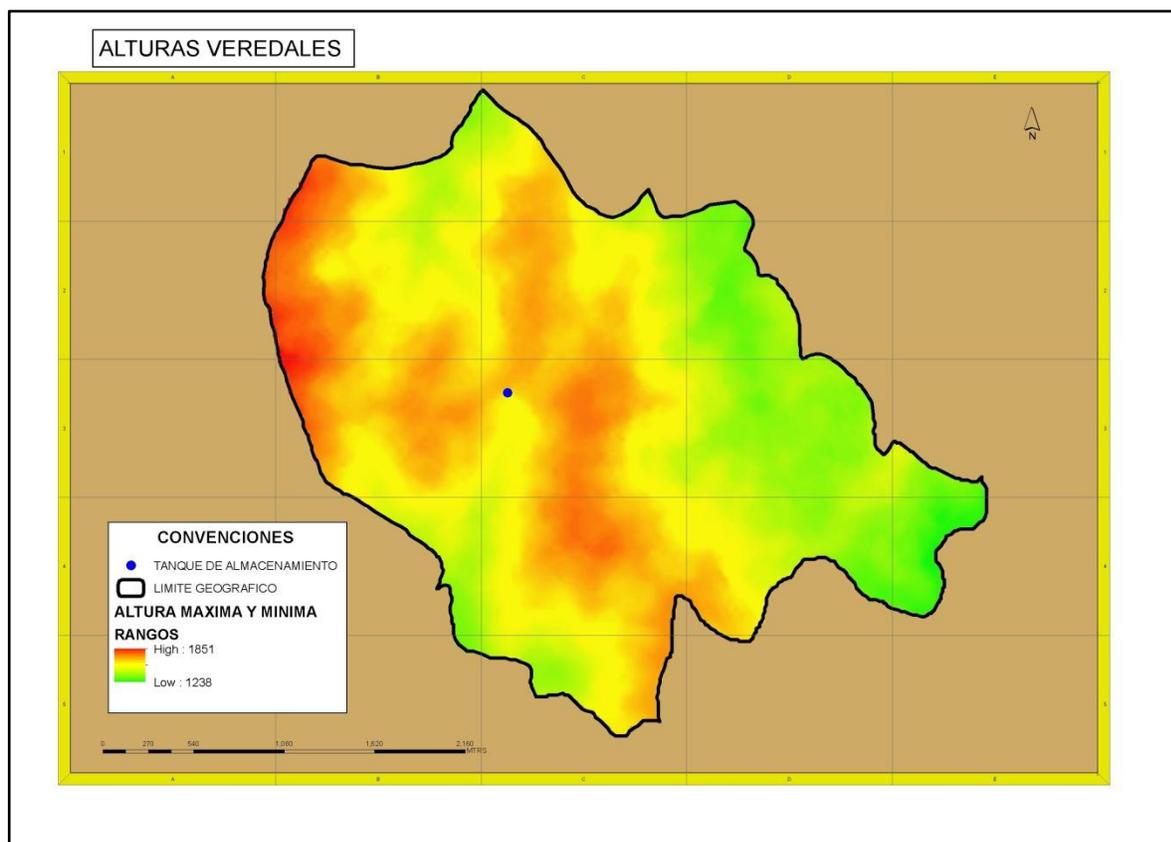


Figura 2. Alturas veredales

**Red hídrica.** La salida grafica fue construida a partir del límite oficial veredal obtenido del SIG OT, y el SHAPEFILE de red hídrica del municipio de Ocaña norte de Santander esta información geográfica de Red hídrica del municipio es adquirida por Gestión a CORPONOR





Figura 4. Localización del tanque de almacenamiento

#### **4.2 Análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua recolectadas en los puntos definidos de la quebrada la brava del corregimiento de Pueblo Nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

Este estudio determinó si el agua para consumo humano del área de la quebrada en el corregimiento de Pueblo Nuevo, cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para ello, se realizaron muestreos de diferentes

puntos de la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Se emplearon métodos fotométricos, electrométricos y volumétricos en los respectivos análisis físicos y químicos, para los parámetros microbiológicos se empleó la técnica de filtración por membrana.

El análisis de los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander, permitió conocer en qué condiciones se encontraban los valores de la calidad del agua en los puntos seleccionados arrojando un veredicto acerca del estado actual del afluente que satisface cada una de las necesidades de alrededor de 300 habitantes en la zona de estudio.

Los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de los factores que puedan influir en la calidad del agua.

<b>RESULTADOS AGUA CRUDA ADAMIUAIN(PUEBLO NUEVO)</b>												
MES: Febrero, Marzo, Abril												
AÑO: 2016												
DIA	PARAMETROS											
	pH	TURBIEDAD	COLOR	SULFATOS	HIERRO	DUREZA	ALCALINIDAD	NITRITOS	NITRATOS	COL. TOTAL	E. Coli	ERCOB MESA
1	7,84	1,07	16	8	0,02	82	88	0,03	6,7	> 1100	> 1100	> 1100
2	7,88	1,27	19	7	0,02	82	85	0,02	8,8	> 1100	> 1100	> 1100
3	7,80	1,10	17	7	0,01	84	88	0,02	7,2	> 1100	> 1100	> 1100
1	7,82	0,81	19	7	0,04	80	85	0,03	7,2	> 1100	> 1100	> 1100
2	7,63	1,08	14	7	0,03	84	87	0,04	7,2	> 1100	> 1100	> 1100
3	7,62	1,11	16	7	0,02	82	85	0,03	8,8	> 1100	> 1100	> 1100
1	7,71	1,18	18	8	0,03	83	88	0,02	6,7	> 1100	> 1100	> 1100
2	7,77	1,76	24	9	0,03	82	87	0,04	6,6	> 1100	> 1100	> 1100
3	7,79	1,74	20	7	0,02	83	86	0,03	7,2	> 1100	> 1100	> 1100

Figura 5. Resultados del agua cruda

**4.3 Evaluación bajo un análisis estadístico-descriptivo versus estándares permisibles los resultados obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

**Tabla 2.**

*Resultados Ph (potencial de hidrogeno) quebrada la brava*

PUNTO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Resolución 2115/07
1	7.84	7.88	7.80	6,5 – 9,0
2	7.82	7.63	7.62	
3	7.71	7.77	7.79	

Fuente. Autor del Proyecto

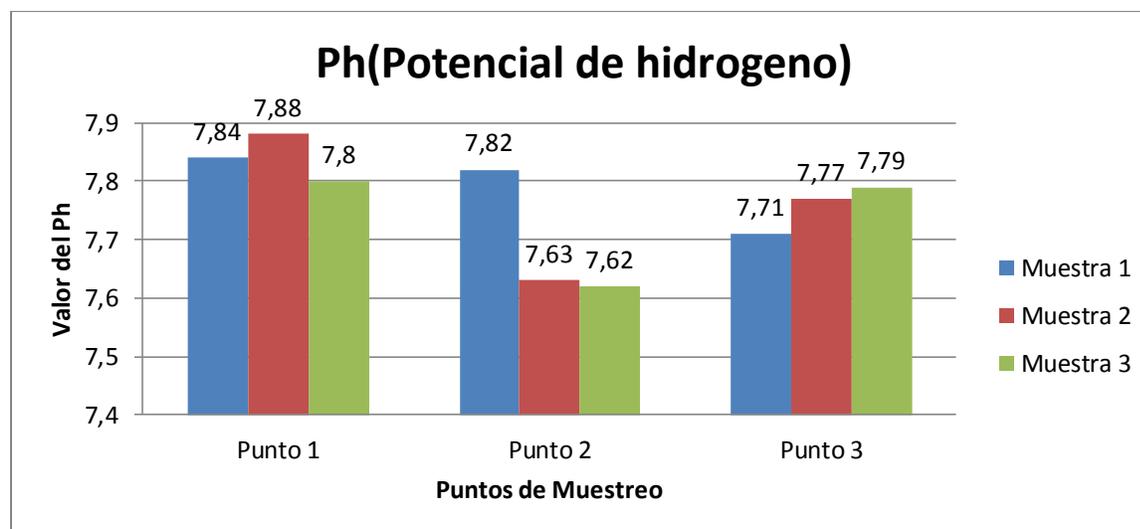


Figura 6. Comparación resultado de Ph quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Los resultados obtenidos del Ph (potencial de hidrogeno) en la tabla 1 y la gráfica 1, muestran que estos valores se encuentran en el rango desde 7.62 hasta 7.88, lo que

determina que el Ph es ligeramente alcalino, propicio para que se adelanten procesos biológicos por parte de los organismos presentes en la microcuenca. Referente a los valores establecido por la resolución 2115 del año 2007 para el Ph este se encuentra dentro del rango permisible que va desde 6.5- 9.0.

**Tabla 3.**

*Resultados Turbiedad quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 UNT	Muestra 2 UNT	Muestra 3 UNT	Resolución 2115/07
1	1.07	1.27	1.10	< 2 UNT
2	0.81	1.08	1.11	
3	1.18	1.76	1.74	

Fuente. Autor del Proyecto

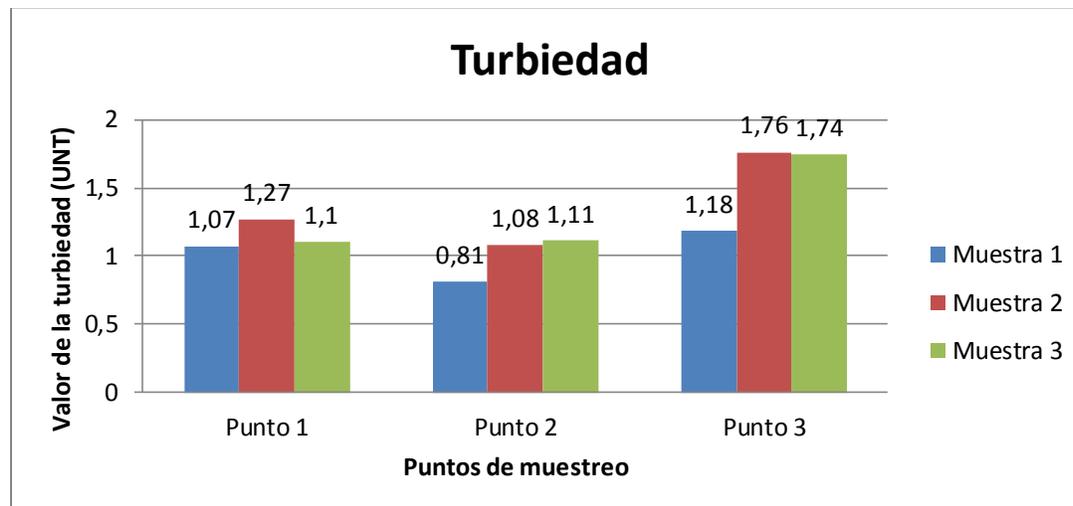


Figura 7. Comparación resultado de la Turbiedad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se observa en la tabla 2 y la gráfica 2 que los valores de la turbiedad del agua van desde el rango 0.81-1.76 unidades nefelométricas de turbiedad, lo cual en algunos

puntos es bajo y en otros de cerca al valor máximo, con respecto a la normatividad se evidencia que esta se encuentra por debajo del valor estipulado de la resolución 2115 del 2007.

**Tabla 4.**

*Resultados del Color quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Resolución 2115/07
1	16	19	17	<15 UPC
2	19	14	16	
3	18	24	20	

Fuente. Autor del Proyecto

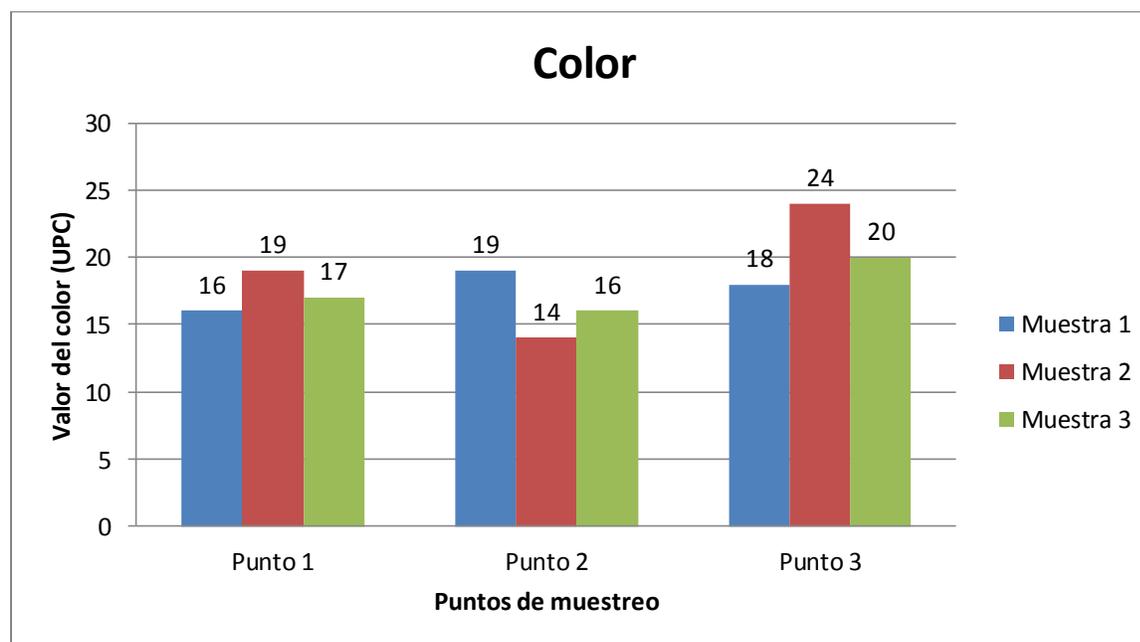


Figura 8. Comparación resultado del color de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se observa que en la tabla 3 y grafica 3 los valores del resultado del color se encuentran en el rango de 14-20 unidades de platino cobalto (UPC),manteniéndose solo una muestra dentro del valor permisible de la resolución 2115 del 2007 que es de <15 UPC y las demás muestras por encima del valor máximo permisible.

**Tabla 5.**

*Resultados de Sulfatos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 mg/L	Muestra 2 mg/L	Muestra 3 mg/L	Resolución 2115/07
1	8	7	7	<250 mg/L
2	7	7	7	
3	8	9	7	

Fuente. Autor del proyecto

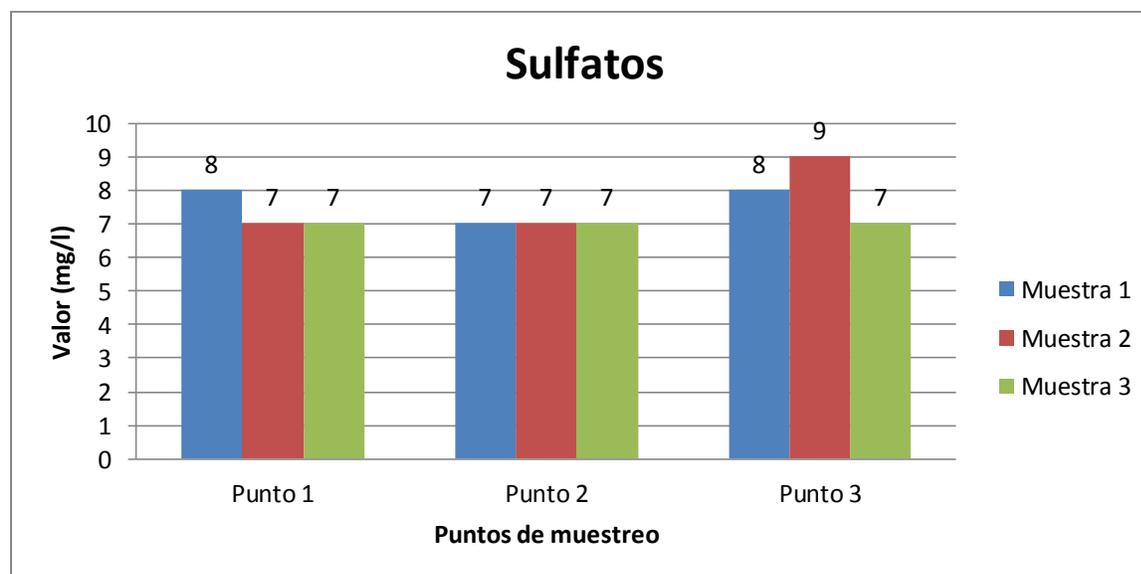


Figura 9. Comparación resultado de sulfatos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se observa que en la tabla 4 y grafica 4 los valores del resultado de la prueba de sulfatos se encuentran en el rango 7-9, presentando una concentración estable, con respecto al valor permisible estipulado por la resolución 2115 del 2007 este se encuentra por debajo siendo el valor máximo <250 mg/l.

**Tabla 6.**

*Resultados de Hierro de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 mg/L	Muestra 2 mg/L	Muestra 3 mg/L	Resolución 2115/07
1	0,02	0,02	0,01	<0,3 mg/L
2	0,04	0,03	0,02	
3	0,03	0,03	0,02	

Fuente. Autores del proyecto

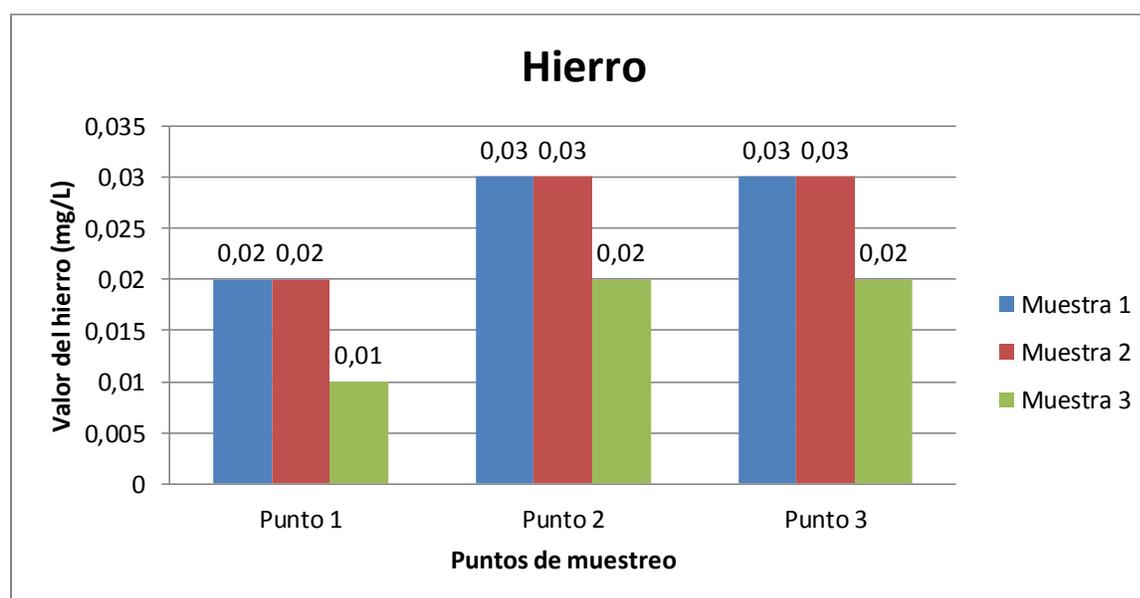


Figura 10. Comparación resultado del hierro de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se observa en la tabla 5 y grafica 5 que los resultados de hierro se encuentran en el rango de 0,01-0,03 mg/L, lo que permite inferir que este afluente no presenta una gran carga de minerales de este tipo, con respecto al valor permisible de la resolución 2115 del 2007 este se encuentra en el margen máximo.

**Tabla 7.**

*Resultados de la Dureza de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 mg/L	Muestra 2 mg/L	Muestra 3 mg/L	Resolución 2115/07
1	82	82	84	<300 mg/L
2	80	84	82	
3	83	82	83	

Fuente. Autor del proyecto

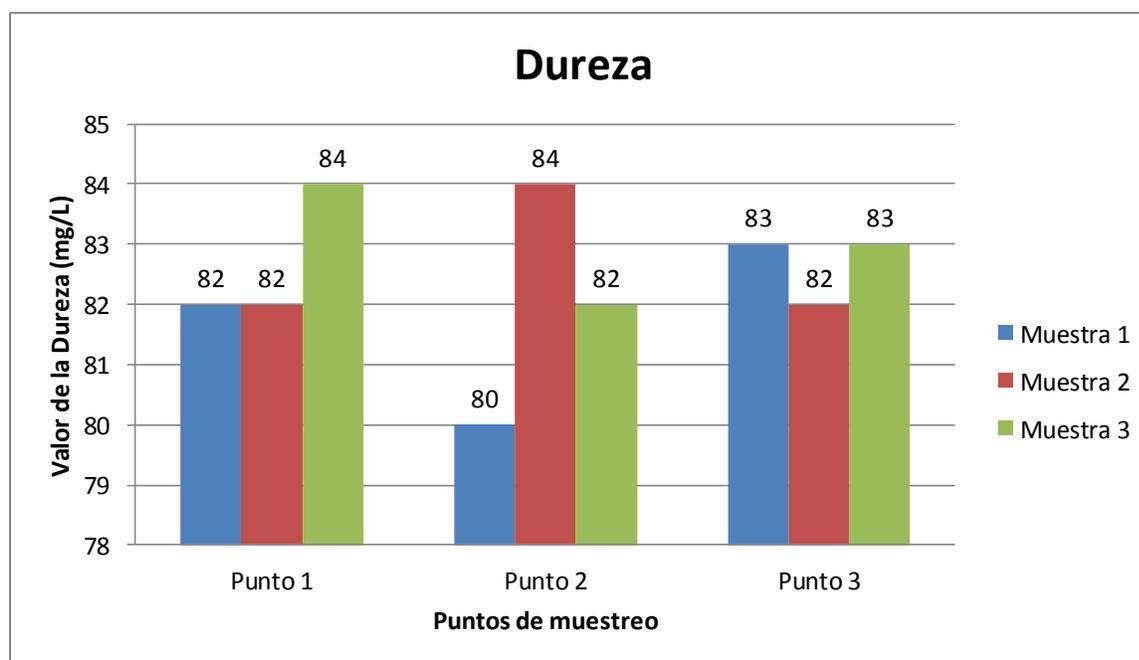


Figura 11. Comparación resultado de la dureza de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se observa que en la tabla 13 y la gráfica 13 el valor de la dureza se encuentra en el rango de 80-84 mg/L, lo que permite determinar que esta muestra de agua es de dureza baja y según el parámetro de la resolución 2115 del 2007 está por debajo de los 300 mg/L que es lo permisible.

**Tabla 8.**

*Resultados de la Alcalinidad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 mg/L	Muestra 2 mg/L	Muestra 3 mg/L	Resolución 2115/07
1	88	85	88	<200 mg/L
2	85	87	85	
3	88	87	86	

Fuente. Autor del proyecto

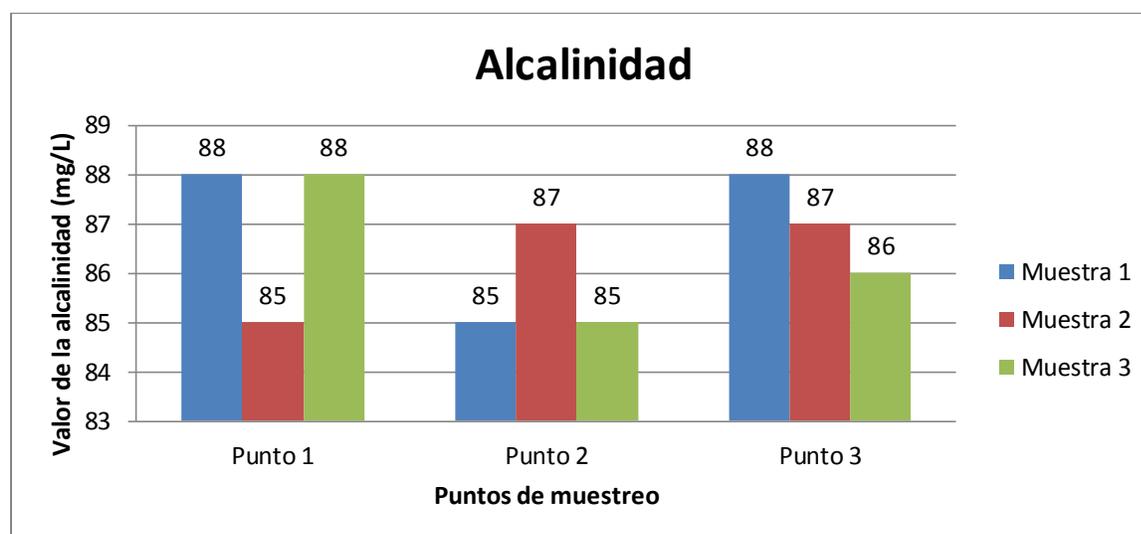


Figura 12. Comparación resultado de la alcalinidad de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Se puede observar que en la tabla 7 y la gráfica 7 los valores de la alcalinidad se encuentran en el rango de 85-88 mg/L estando estas por debajo del valor establecido por la resolución 2115 del 2007 que sugiere que la alcalinidad debe estar por debajo de los 200 mg/L.

**Tabla 9.**

*Resultados de los Coliformes totales de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 UFC/100ml	Muestra 2 UFC/100ml	Muestra 3 UFC/100ml	Resolución 2115/07
1	>1100	>1100	>1100	0 UFC
2	>1100	>1100	>1100	
3	>1100	>1100	>1100	

Fuente. Autor del proyecto

**Observaciones.** Según la tabla 8 y la gráfica 8 los valores de los coliformes totales en los 3 puntos de muestreo se encuentran por encima de las 1100 UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias), presentándose una contaminación de tipo microbiológica que puede estar relacionada con la fauna presente en la microcuenca.

**Tabla 10.**

*Resultados de la Escherichia Coli de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 UFC/100ml	Muestra 2 UFC/100ml	Muestra 3 UFC/100ml	Resolución 2115/07
1	>1100	>1100	>1100	0 UFC
2	>1100	>1100	>1100	
3	>1100	>1100	>1100	

Fuente. Autor del proyecto

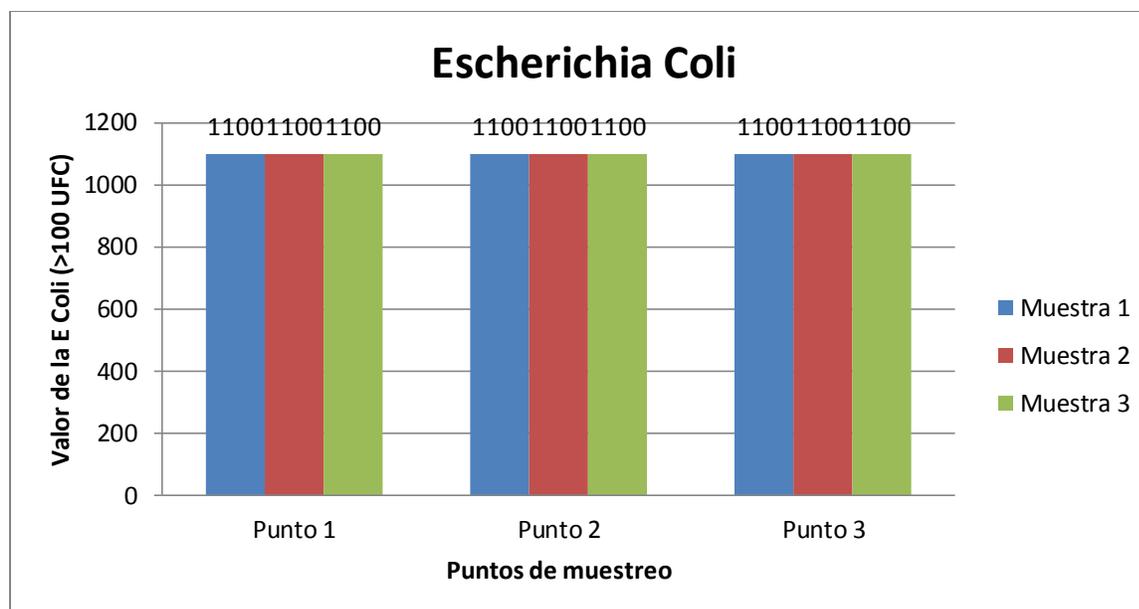


Figura 13. Comparación resultado de la Escherichia Coli de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Según la tabla 9 y la gráfica 9 el valor de la Escherichia Coli en los 3 puntos de muestreo es de >1100 UFC/100 ml, presentando una contaminación de tipo microbiológica que puede estar relacionada con la fauna presente en la microcuenca.

**Tabla 11.**

*Resultados de los Aerobios Mesofilos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 UFC/100ml	Muestra 2 UFC/100ml	Muestra 3 UFC/100ml
1	>1100	>1100	>1100
2	>1100	>1100	>1100
3	>1100	>1100	>1100

Fuente. Autor del proyecto

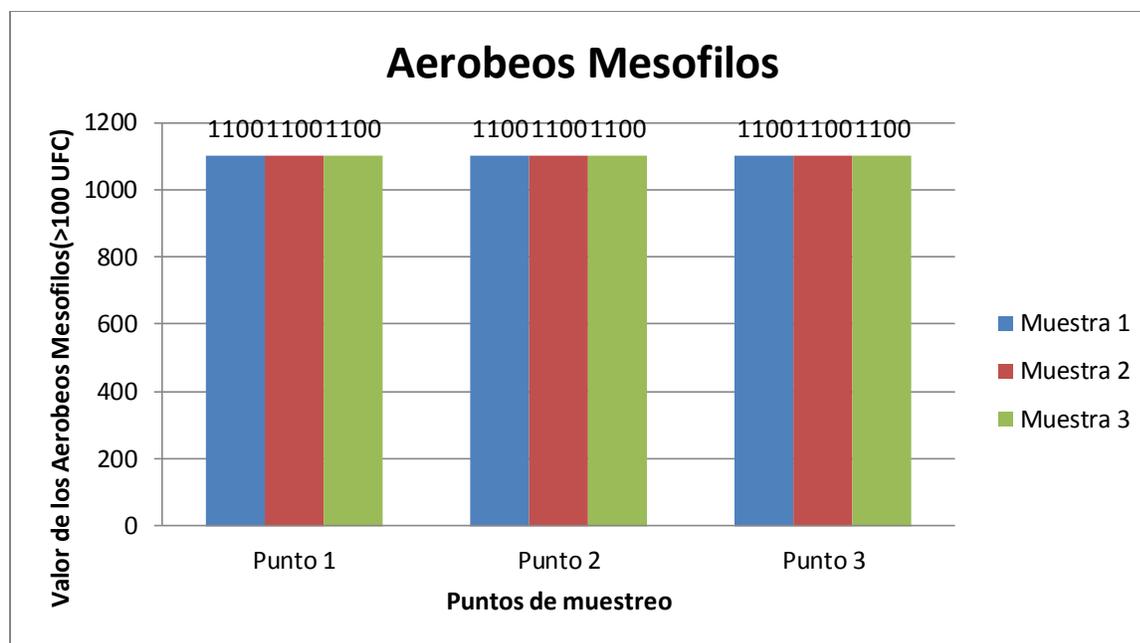


Figura 14. Comparación resultado de los Aerobios Mesofilos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Según la tabla 10 y la gráfica 10 los valores de los Aerobios Mesofilos en los 3 puntos de muestreo se encuentran por encima de las 1100 UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias), indicando que las condiciones de la temperatura y el oxígeno presente favorece la proliferación de estos microorganismos.

**Tabla 12.**

*Resultados de los Nitratos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 Mg/L	Muestra 2 Mg/L	Muestra 3 Mg/L	Resolución 2115/07
1	6,7	8,8	7,2	<10 Mg/L
2	7,2	7,2	8,8	
3	6,7	6,6	7,2	

Fuente. Autor del proyecto

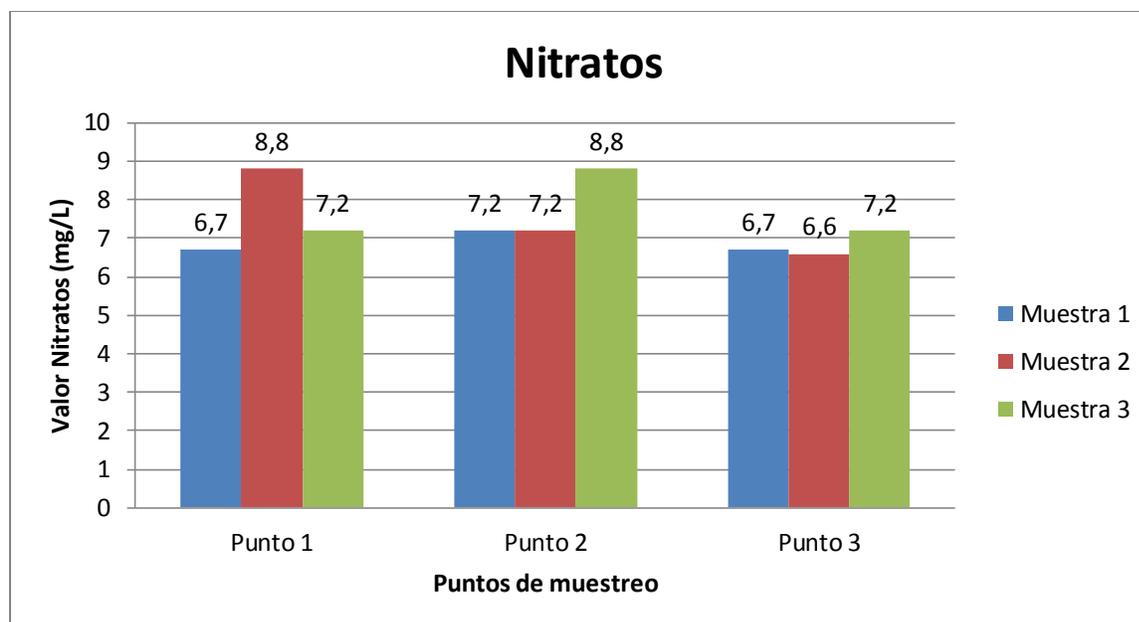


Figura 15. Comparación resultado de los Nitratos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Según la tabla 11 y la gráfica 11 el valor de los nitratos se encuentra en el rango de 6,6-8,8 Mg/L, manteniéndose dentro de valores cercanos en los diferentes puntos de muestreo y con respecto a la resolución 2115 del 2007 los valores se encuentran por debajo del valor máximo permisible.

**Tabla 13.**

*Resultados de los Nitritos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo*

Punto	Muestra 1 Mg/L	Muestra 2 Mg/L	Muestra 3 Mg/L	Resolución 2115/07
1	0,03	0,02	0,02	<0,1 Mg/L
2	0,03	0,04	0,03	
3	0,02	0,04	0,03	

Fuente. Autor del proyecto

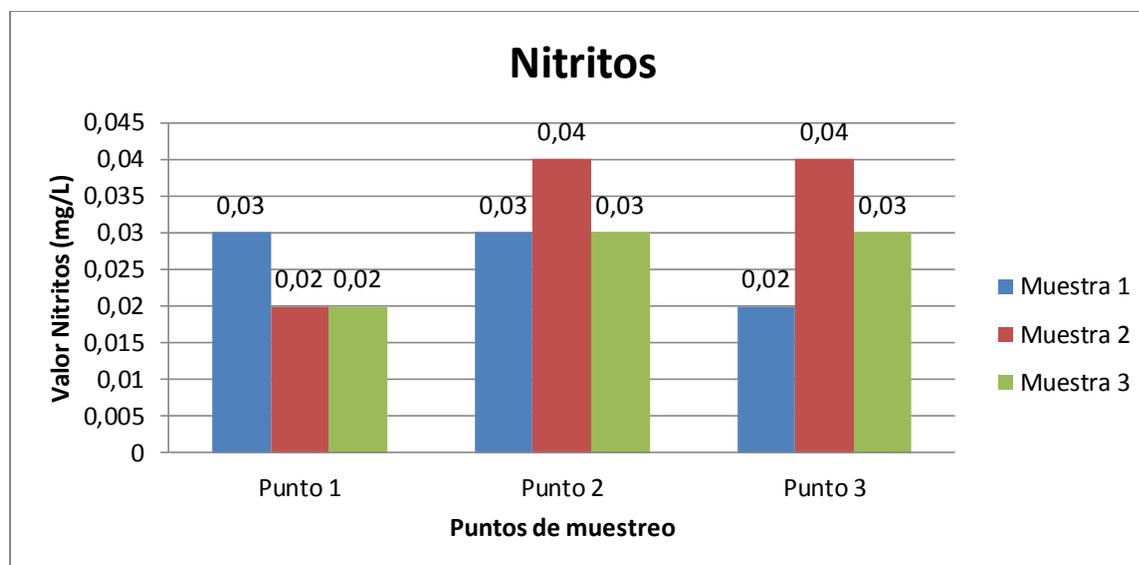


Figura 16. Comparación resultado de los Nitritos de la quebrada la brava, corregimiento de Pueblo Nuevo

**Observaciones.** Según la tabla 12 y la gráfica 12 el valor de los nitritos se encuentra en el rango de 0,02-0,04 Mg/L, manteniéndose dentro de valores cercanos en los diferentes puntos de muestreo y con respecto a la resolución 2115 del 2007 los valores se encuentran por debajo del valor máximo permisible.

**Tabla 14.**

*Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto1 (Distribución)*

Parámetro	Resultado	Valor Aceptable	Puntaje de Riesgo	Puntaje de Calificación
pH	7,8	6,5-9.0	1,5	0
Turbiedad	1,1 UNT	<2 UNT	15	0
Color	17 UPC	<15 UPC	6	6
Sulfatos	7 mg/L	<250 mg/L	1	0

Continuación (Tabla 14)

Hierro	0,01 mg/L	<0,3 mg/L	1,5	0
Dureza	84 mg/L	<300 mg/L	1	0
Alcalinidad	88 mg/L	<200 mg/L	1	0
Nitritos	0,02 mg/L	<0,1 mg/L	3	0
Nitratos	7,2 mg/L	<10 mg/L	1	0
Escherichia Coli	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	25	25
Coliformes	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	15	15
Totales				
			Σ=71	Σ=46

Fuente. Autor del proyecto

Puntajes de riesgo asignado a las

IRCA (%) =  $\frac{\text{Características no aceptables}}{\text{}} \text{ X100\%}$

$\Sigma$  Puntajes de riesgo asignados a todas  
las características analizadas

IRCA (%) =  $\frac{46}{71} \text{ X100\%}$

IRCA (%) = 64,78 %

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 1 del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander, es ALTO, Agua no apta para consumo

humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

**Tabla 15.**

*Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto 2 (distribución)*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor Aceptable</b>	<b>Puntaje de Riesgo</b>	<b>Puntaje de Calificación</b>
pH	7,62	6,5-9.0	1,5	0
Turbiedad	1,11 UNT	<2 UNT	15	0
Color	16 UPC	<15 UPC	6	6
Sulfatos	7 mg/L	<250 mg/L	1	0
Hierro	0,02 mg/L	<0,3 mg/L	1,5	0
Dureza	82 mg/L	<300 mg/L	1	0
Alcalinidad	85 mg/L	<200 mg/L	1	0
Nitritos	0,03 mg/L	<0,1 mg/L	3	0
Nitratos	8,8 mg/L	<10 mg/L	1	0
Escherichia Coli	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	25	25
Coliformes Totales	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	15	15
			$\Sigma=71$	$\Sigma=46$

Fuente. Autor del proyecto

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ Puntajes de riesgo asignado a las Características no aceptables}}{\Sigma \text{ Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}}$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{46}{71} \times 100\%$$

$$\text{IRCA (\%)} = 64,78 \%$$

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 1 del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander, es ALTO, Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

**Tabla 16.**

*Índice de riesgo de calidad del agua (irca) muestra 3 del punto 3 (distribución)*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor Aceptable</b>	<b>Puntaje de Riesgo</b>	<b>Puntaje de Calificación</b>
pH	7,79	6,5-9.0	1,5	0
Turbiedad	1,74 UNT	<2 UNT	15	0
Color	20 UPC	<15 UPC	6	6
Sulfatos	7 mg/L	<250 mg/L	1	0
Hierro	0,02 mg/L	<0,3 mg/L	1,5	0

Continuación (Tabla 16)

Dureza	83 mg/L	<300 mg/L	1	0
Alcalinidad	86 mg/L	<200 mg/L	1	0
Nitritos	0,03 mg/L	<0,1 mg/L	3	0
Nitratos	7,2 mg/L	<10 mg/L	1	0
Escherichia Coli	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	25	25
Coliformes Totales	>1100 UFC/100 ml	0 UFC	15	15
			$\Sigma=71$	$\Sigma=46$

Fuente. Autor del proyecto

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ Puntajes de riesgo asignado a las Características no aceptables}}{\Sigma \text{ Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100\%$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{46}{71} \times 100\%$$

$$\text{IRCA (\%)} = 64,78 \%$$

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 1 del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander, es ALTO, Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

## 5 Conclusiones

La georeferenciación de los puntos seleccionados, permitió definir la importancia a la hora de recolectar las muestras de agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander para su posterior análisis, debido a que se encontraban en zonas estratégicas para conocer las condiciones físico-químicas y microbiológicas de toda la red de distribución, tanto en el trayecto a la zona de ingreso como al tanque de almacenamiento-reparto y por último a la red de distribución que conduce hacia las viviendas beneficiadas del sector.

El análisis de los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander, permitió conocer en qué condiciones se encontraban los valores de la calidad del agua en los puntos seleccionados arrojando un veredicto acerca del estado actual del afluente que satisface cada una de las necesidades de alrededor de 300 habitantes en la zona de estudio.

Al realizar el estudio de cada uno de los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña norte de Santander, en los puntos establecidos, se conoció que los parámetros físico-químicos se encuentran dentro de los valores permisibles por la resolución 2115 del 2007 excepto el color que arrojó valores por encima del rango permisible y que los

parámetros microbiológicos arrojaron resultados por encima del valor máximo permisible, indicando que existe una contaminación de este tipo.

## 6 Recomendaciones

Se sugiere a la universidad francisco de paula Santander seccional Ocaña incentivar la investigación en toda la comunidad estudiantil referente a estos temas, que tienen gran importancia para este tipo de comunidades, ya que en muchas ocasiones se encuentran en el olvido de la administraciones municipales y no conocen las problemáticas que estas presentan, sirviendo este tipo de estudios como un medio para realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de los recursos naturales que sirven para satisfacer las necesidades de los habitantes en este caso el corregimiento de pueblo nuevo.

Se recomienda a las autoridades ambientales competentes realizar mayores controles a la calidad del agua de la quebrada la brava del corregimiento de pueblo nuevo, municipio de Ocaña, norte de Santander, con la finalidad de conocer las condiciones actuales del recursos y así poder desarrollar medidas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de estas personas y evitar posibles problemas de orden sanitario que puedan generar calamidades por el consumo de agua por contaminación biológica.

Por último es necesario sugerir a la autoridad municipal competente la puesta en funcionamiento y la mejora de las estructuras de la planta de potabilización de agua que se encuentran en la zona alta del corregimiento de pueblo nuevo, la cual presenta condiciones deplorables apoderándose la maleza cada día más de estas y no prestando el servicio para el cual fue construido, dejando de beneficiar alrededor de 300 habitantes de la zona, quitándoles el

beneficio de consumir agua tratada y que cumpla con los parámetros de la normatividad ambiental colombiana vigente.

## Referencias

- Brown, R., McClelland, N. 1973. Water Quality Index. Application In The Kansas River  
BasiCouillard.
- Congreso de Colombia. Decreto 2857 de 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. Editorial Littio. 2000. P 23
- Definición abc. Medio ambiente »Área protegida [En línea]. Versión para definición ABC [Sin  
lugar]. S.F. [19-01-2013] Disponible en <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/areaprotegida>.
- Dinius, S., 1987. Design Of A Water Quality Index, W.R. Bulletin, V23, #5, p. 33
- Horton, R., 1965. An Index Number System For Rating Water Quality, Jr. Of Wpcf, Vol. 37. p.8
- IDEAM, Sinchi, Iavh, Iiap, Invemar. 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia -  
SIAC - Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental  
de Colombia. ISBN 958-8067-08-1. p.4
- Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Guía para el Monitoreo y  
Seguimiento del Agua. 2004. p.2

Instituto Nacional de Salud. Octavo Curso-Taller Validación de Métodos Analíticos, Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua, Memorias. Bogotá, Septiembre 2005. p.4

Informe Defensorial No. 39 - B Actualización del Informe Defensorial No. 39. Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua p 3.

Lenntech. Historia del tratamiento de agua potable. [En línea] (2015), disponible en <<http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>> p 1

Lloyd, B. (1982). Vigilancia de la calidad del agua. p 19.

Maillard Ramírez, Isaura. “Reporte de mantenimiento de instalaciones hidráulicas y sanitarias de Palacio de Gobierno de Xalapa, Veracruz “Universidad de Veracruz. 2010. P 23

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible de la protección social. Resolución 2115 de 2007, Junio 22, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá, 2007. p.4

Montoya, H., Contreras, C., García, V. 1997. Estudio Integral de la calidad del agua en el estado de Jalisco. Com. Nal. Agua., Geren. Reg. Lermasantiago. Guadalajara. p.106

Organización Mundial de la Salud. (1995). Guías para la calidad del agua potable.

Recomendaciones. Segunda edición. WHO, Geneva, 1995.

Organización Mundial de la Salud. Guías para la Calidad del agua potable. Organización

Mundial de la Salud. Ginebra, 2006. ISBN 4 1546964. p.4

OTT, W. 1978. Environmental Indices, Theory And Practice, Aa Science, Ann Arbor, Michigan.

p.3

Páez García, Luis Eduardo. Historia de la Región de Ocaña. Jaguar Group Producciones. Bogotá,

2009. P 23

República de Colombia. Constitución Política de Colombia. Actualizada hasta la reforma del

2001, Colombia, edición actualizada 2001. P.33.

Recuento de Coliformes Totales. Filtración a Través de Membrana. Laboratorio de Tecnología

Educativa. Departamento de Microbiología y Genética. Universidad de Salamanca:

España (S F) [08-05-2013] Disponible en:

[http://virus.usal.es/Web/demo\\_fundacua/demo2/FiltraMembColiT\\_auto.html](http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html) (Marzo

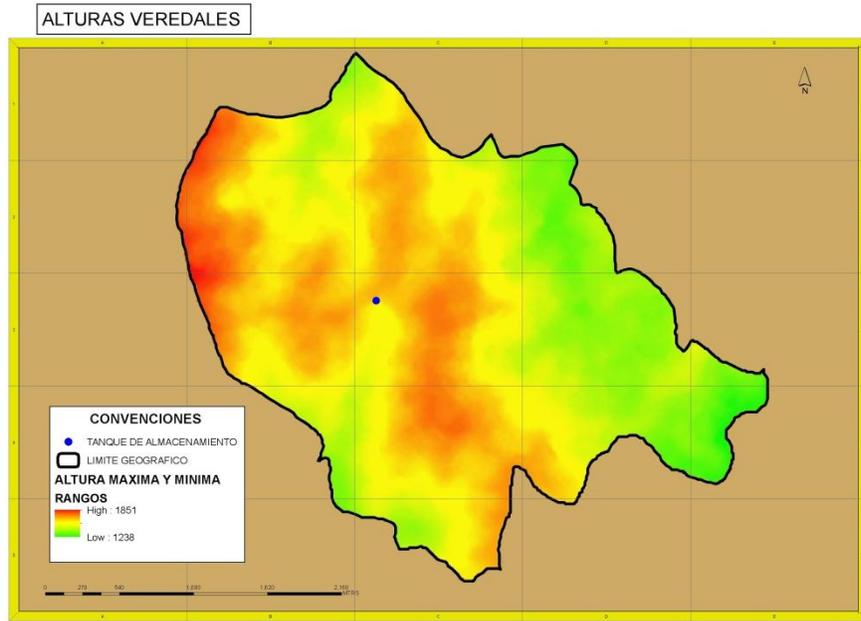
2013)

Stenström, T.A, Educación y Participación Comunitaria. En Curso sobre Vigilancia y Control de la Calidad del Agua Potable. Arusha, noviembre de 1988. Centro para los países en desarrollo. Universidad Técnica de Dinamarca. OMS / DANIDA, 1988. P 24

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña-Corponor. Cantidad y calidad del agua del río algodonal en el tramo comprendido entre el batallón de infantería nº 15 general Santander y la confluencia de los ríos tejo – algodonal. Ocaña, 2007. p 8

## Apéndice





Fuente. Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto

Apéndice B. Fotografías de la zona de estudio



Fuente. Autor del proyecto



Fuente: Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto



Fuente: Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto



Fuente. Autor del proyecto