

# **DISEÑO DEL MAPA DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA EN EL TRAMO DESDE EL EMBALSE DEL NEUSA HASTA LA PLANTA.**

Marcela Alejandra Ayala Bayona, Ana María Cifuentes Rojas

Estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás Bogotá

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tuvo como objeto dar inicio al diseño del mapa de riesgo de la calidad de agua potable para el tramo del Río Neusa que abarca desde el Embalse del Neusa hasta el sector la planta en la vereda la plazuela del municipio de Cogua.

Para su realización fue necesario conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente abastecedora, mediante un análisis in-situ y de laboratorio, lo cual dio un panorama sobre la calidad del agua que están recibiendo las personas, este análisis fue elaborado por muestreo puntual en 19 puntos siendo distribuidos en el área de influencia definida para la investigación, teniendo en cuenta la presencia de contaminantes, la exposición de la población y los usos del suelo.

Posteriormente se elaboró el mapa de riesgo de calidad del agua potable en el que se identificaran las concentraciones de doce (12) de los parámetros a lo largo de río y su Índice de Riesgo mediante la utilización del software ArcGis 10.3.1; para finalmente determinar la calidad del agua que está siendo captada y posteriormente consumida; arrojando que en términos generales las características del agua servida a la población aledaña al área de estudio incumplen con los criterios establecido en el Resolución 2115 para consumo humano.

**Palabras Claves:** agua, calidad del agua, disponibilidad del agua, salud, uso del suelo.

## **Abstract**

The object of the present work investigation is to start the design of the map of the risk of the quality of potable water for one part of the Neusa River, that goes between the Neusa reservoir and the sector of La Planta of the suburbia La Plazuel of the municipality of Cogua.

To make this happen was necessary to know the physical, chemical, and microbiological characteristics of the main source, through an in-situ analysis and in the laboratory, which results in a panoramic view over the water quality that people received. This analysis was elaborate for 19 points in our score being distributed in our area of influence defined for the investigation, having in mind the presence of pollutants, the exposition of the population and the use of the ground.

Previously it was elaborate the risk map of the potable water quality, in which identifies the concentration of 12(twelve) and the parameters of the river risk index, through the use of the software ArcGis 10.2.1; to finally determinate the quality of the water which is being captured and later consumed; showing that on general terms the characteristics of the

water served to the population around the area that was being studied, fail to meet the criteria established on the resolution 2115 for Human consumption.

**Key Words:** water, water quality, availability of wáter, health, land use.

## Introducción

La deficiente calidad del agua se ha convertido en tema de interés para muchas instituciones a nivel mundial, debido al constante crecimiento poblacional, y a la expansión de actividades industriales y agrícolas que han contribuido con su deterioro; situación que representa una amenaza para la salud humana, teniendo en cuenta que el nivel de riesgo al que está expuesta la población es alto debido a la afectación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente abastecedora y del sistema de distribución.

En Colombia, de acuerdo al segundo informe Nacional de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano del año 2012, un 72,7% de la población consumió agua potable, mientras que un 27,4% hace uso de agua escasa de tratamiento y agua cruda captada directamente de las fuentes, lo que influye en su diario vivir, generando posibles eventos de morbilidad. Estos resultados fueron emitidos por el Ministerio de Salud y Protección Social excluyendo a los Departamentos de Chocó, Guainía y Guaviare, los cuales no fueron evaluados para este informe [1].

Es evidente que en el país aún existen falencias en el manejo de recursos vitales para la población, dentro de las que se destaca la deficiente calidad del agua potable, lo que hace imperativo establecer un sistema para la protección y control de la calidad del agua, que permita monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo guiado por lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y de la mano al uso de herramientas como el Índice de Riesgos de la Calidad del Agua-IRCA que evidencia un grado de riesgo en la ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para su consumo [1] ; y del Mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable que permite definir acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano [2].

Esta última herramienta, hasta el momento no ha sido muy utilizada en el país, únicamente se han realizado estudios que han servido de plataforma para la emisión de informes sobre la calidad del agua y el índice de riesgo. Por otra parte el Departamento de Boyacá, es el único en el que se ha elaborado un mapa de riesgo de calidad del agua potable, con el fin de conocer y ofrecer resultados acerca de las características que posee el recurso hídrico en el municipio de Duitama, para los acueductos de las veredas Trinidad y Tocogua [3]. Para su elaboración fue necesario realizar una exhaustiva revisión de la normativa identificando las condiciones a cumplir, infiriendo que la baja calidad del agua en los diferentes departamentos del país representa una amenaza latente para la salud. Durante la realización de este estudio se identificó y se obtuvo información a través de la metodología establecida en la Resolución 4716 de 2010, donde fueron evaluados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; y se identificaron posibles amenazas para la población por el consumo de agua.

Dentro de las conclusiones más relevantes de este estudio, se encontró que el sistema de acueducto de la vereda La Trinidad, es usado para el abastecimiento doméstico,

actividades de riego y uso pecuario, además para el funcionamiento de hábitat acuático contando con un sistema de alcantarillado que cubre el 60% de la población. Finalmente realizando el análisis de amenazas y de las inspecciones se determinó que el impacto que genera el sistema de abastecimiento está sujeto a factores sísmicos e hidrológicos los cuales generan la remoción de partículas afectando la calidad del agua servida; influyendo negativamente en el resultado del IRCA [3].

Por otra parte, en la vereda Tocogua, predominan las actividades de explotación para la producción de alimentos y cultivos comerciales en menor escala, además existen actividades de ganadería en forma extensiva y de igual forma, actividades de pastoreo. Una vez obtenidos los resultados se concluyó que la vereda, posee una vulnerabilidad alta al igual que un nivel de riesgo sanitario, debido a la falta de procesos de tratamiento que garanticen la potabilidad del recurso [3].

Basado en el estudio anterior y teniendo en cuenta que gran parte de la población a nivel nacional se abastece de las fuentes superficiales, fue importante la realización de estudio de la Subcuenca del Río Neusa, ya que es una fuente que suple las necesidades de consumo para los municipios de Cogua, Zipaquirá y Nemocón.

Se conoce que el agua del Río Neusa es captada para abastecer a la población del Municipio de Cogua el cual cuenta con una planta de tratamiento de agua potable presentando un caudal de diseño de 200 l/s, manejando un caudal real de 180 l/s; según los registros del SISBEN para el 2011 se conoce que de 4586 familias del municipio el 91% de esta población cuenta con el servicio de acueducto, mientras que el 9% restante utiliza otros medios para la obtención del agua. De acuerdo al PBOT aquellos que reciben el agua del acueducto regional son todo del sector urbano y algunos sectores veredales; esta agua es tomada del Río Neusa y conducida por tubos de asbesto, cemento y PVC hasta la planta de tratamiento en la vereda del Neusa. En este lugar se encuentran dos plantas: una convencional y una compacta en donde se trata el líquido, con tuberías diferentes para abastecer a los Municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua por la cual circulan unos 26 l/s en promedio, para cada uno.

Los lugares que cuentan con servicio de agua proveniente del acueducto regional son: Totalidad del sector urbano, San José, La Granja y sectores veredales de San Antonio en la vereda de Rodamontal, Susagua parte baja, Altico Sector bajo y sector Ojo de Agua en la vereda el Neusa.

En el municipio de Cogua para el año 2012 se realizó una toma de muestras en 22 puntos de acuerdo al SIVICAP, reflejando incumplimientos frente a los parámetros de color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, hierro total, coliformes totales y *E. coli* con un IRCA de 19,78%, para el 2013 se repitió el ejercicio realizando un muestreo de 25 puntos en donde el IRCA presentó un resultado mayor (20,25%) incumpliendo los parámetros del año anterior exceptuando el de color aparente y hierro total, evidenciando deficiencias en la calidad del agua potable que abastece la población [4].

Teniendo en cuenta lo anterior, la elaboración del Mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable en el municipio, permitió la identificación de los factores que están incidiendo en la prestación del servicio sabiendo que su principal fuente hídrica de abastecimiento es la Subcuenca del Río Neusa, la cual hace parte de las 19 subcuencas del sistema hídrico del Río Bogotá que tiene un área total de 589.143 ha, el cual nace en el municipio de Villapinzón y desemboca en el Río Magdalena; cuenca compuesta por un sistema natural conformado

por quebradas, ríos, lagunas y humedales que en la mayoría de los casos son afluentes del Río Bogotá y su sistema de regulación compuesto por nueve embalses y un distrito de riego [5].

La subcuenca del Neusa se encuentra en el departamento de Cundinamarca limitando al norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa, Sutatausa y Cucunuba; al sur con los municipios de Tocancipá y Zipaquirá; al occidente con los municipios de Pacho y San Cayetano, y al oriente con los municipios de Gachancipá y Suesca; está a su vez integrada por los municipios de Cogua y Nemocón incluyendo sus cabeceras municipales; Zipaquirá con parte de sus zonas urbanas y parte de la zona rural de los municipios del Carmen de Carupa, Cucunuba, Gachancipá, Pacho, Sutatausa, Tausa y Tocancipa, cubriendo un área de 44735,00 hectáreas [6].

Esta subcuenca presenta la mayor área de cultivos con 11875 Ha, respecto a las 32546,93 Ha destinadas para actividad agrícola en la cuenca alta del Río Bogotá, conformada por cultivos mixtos; su mayor representación está conformada por la heterogeneidad de la cobertura debido al tamaño reducido de los predios, su cobertura vegetal se denomina herbácea – pastos, que tiene un uso pecuario actualmente de tipo semi-intensivo y extensivo [5].

El Municipio de Cogua, en el que se desarrolla el proyecto de investigación, está situado al nor- occidente de la sabana de Bogotá, la cabecera municipal está a una distancia de 55 kilómetros al norte de Bogotá, a 5 kilómetros al norte de Zipaquirá y a 15 kilómetros de Nemocón, haciendo parte de la distribución político-administrativa del Departamento de Cundinamarca [7].

El suelo está conformado por sectores de bosque nativo y plantado, pastos y cultivos a cielo abierto y bajo cubierta; una cobertura degradada conformada por los suelos erosionados, la minería a cielo abierto de arcilla, recibos, areneras y material rocoso en superficie; cobertura construida y cobertura hídrica (Represa del Neusa). Entre las especies predomina el pasto kikuyo, arbustos de gran densidad, pinos, eucaliptos, frailejones; entre otros [7].

Respecto a los usos del suelo, son principalmente agrícolas, ganaderos, extractivos, de protección ambiental y recreación, entre las principales actividades económicas de acuerdo con el censo hecho por el DANE para el año 2005 se encontró que el 64,7% de las viviendas realiza actividades de tipo agropecuario en las siguientes proporciones: agrícola el 60.3% y pecuaria el 86.5% Del Total de cultivos asociados a la vivienda rural el 85% son transitorios y el 9.8% son permanentes [7]. Lo que evidencia que el territorio tiene esta vocación natural, aunque algunas áreas presentan limitantes en sus características determinantes de suelos, relieve, clima y tamaño de predios, todas son susceptibles de ser aprovechadas para uso agropecuario.

En el municipio se presentan tres zonas agropecuarias diferenciadas básicamente por elementos biofísicos como suelos, pendientes, clima y otros. Razón por la cual pueden soportar un mayor o menor impacto sin que se afecten considerablemente sus propiedades o que requieren de un manejo especial para su recuperación y su mejor aprovechamiento [8], las cuales son:

### **Zonas Agropecuarias tradicionales**

Son áreas que por sus características físicas y condiciones climáticas merecen un manejo especial que cause bajo impacto a los suelos y que permitan la recuperación de estos (labranza mínima, coberturas vegetales, abonos verdes, reservorios, etc.), así como un uso más eficiente del agua.

En el municipio corresponde a aquellas áreas con relieve quebrado (pendientes de 25 a 50%), suelos poco profundos, con presencia de rocas en superficie, de textura pesada (Arcillosos), baja retención de humedad, susceptibles a los procesos erosivos, baja precipitación y de mediana a baja capacidad agrológica. Actualmente son utilizadas para pastoreo extensivo y esporádicamente cultivos mecanizados (papa, maíz, alverja). En el municipio se localizan en la parte baja de Casa Blanca, Cardonal y Patasica y parte alta de la Plazuela [8].

### **Zonas agropecuarias semi-intensivas**

Son áreas que por sus condiciones físicas y capacidad agrológica pueden soportar actividades agrícolas semi-mecanizada cuya preparación del terreno se hace en buena parte en forma mecanizada y al pastoreo semi-intensivo es decir con mayor capacidad de carga por unidad de área. Actualmente son utilizadas principalmente para el pastoreo extensivo y semi-intensivo y en menor proporción para la agricultura mecanizada. Debido a la falta de incentivos al sector agrario estas áreas se encuentran subutilizadas (potrerización) [8].

### **Zonas agropecuarias intensivas**

Son aquellas áreas que por sus características permiten actividades donde el uso de los recursos es intensivo ya sean agrícolas y/o ganaderos. Requieren de maquinaria para la preparación de los suelos, riego, fertilización y tecnologías apropiadas, mayor intensidad y capacidad de carga de los suelos para el mantenimiento de ganaderías.

En el municipio el área para estas actividades comprende los suelos de mediana capacidad agrológica, en los cuales se pueden implantar sistemas de riego y drenaje, caracterizados por el relieve plano, sin erosión, suelos superficiales a moderadamente profundos y con encharcamientos por periodos cortos al año. Corresponde a las veredas Mortiño, Susaguá, La Plazuela.

Actualmente son usados para el pastoreo semi-intensivo e intensivo, predomina el pasto kikuyo mezclado con carretones y otros mejorados y el ganado de raza Holstien. También se localizan algunos cultivos de flores y fresas bajo invernadero. Tienen como limitante las heladas en los meses secos. En algunos sectores los suelos son superficiales y arcillosos, susceptibles a encharcamiento lo que limita la implementación de otros cultivos diferentes de pastos [8].

### **Metodología**

Para la realización del proyecto de investigación fue necesaria una revisión de la normativa vigente y bibliográfica para tener claridad de las condiciones con las que debe contar el recurso hídrico para la población en Colombia, al realizar esta consulta fue posible identificar diferentes características de tipo socio económico y ambiental del municipio de Cagua.

Una vez identificadas las características de la zona de influencia donde se evaluó la calidad del agua, se delimitó el área de estudio mediante cartografía obtenida, desde Embalse El Neusa hasta el sector de La Planta.

Luego se implementó un instrumento de recolección de información, que constaba de 124 preguntas, que permitieron conocer el estilo de vida de la población, la calidad de la prestación del servicio de alcantarillado, ingresos, actividad económica, información de salud y su interés en conservar el ambiente que les rodea, el cual fue aplicado en las visitas de reconocimiento para identificar el área, y tener un acercamiento con la población de las veredas involucradas de manera que se les diera a conocer el objetivo del proyecto. De estas fue posible identificar el tipo de vertimiento que aporta cada predio a las fuentes hídricas y la calidad del agua que reciben a diario las personas para la satisfacción de sus necesidades.

Seguidamente se determinaron 19 puntos a muestrear, en donde se presentara la desembocadura de las Quebradas que alimentan a la cuenca y de vertimientos que tuvieran una afectación potencial sobre este, los cuales se mediante la utilización del software ArcGis 10.3.1 en donde tomando cartografía del área de estudio se seleccionaron los puntos teniendo en cuenta el acceso y la cercanía entre los mismos.

A partir de este mapa y por medio del GPS en campo se identificó el punto para la realización de la toma de muestra y el aforo; lo primero que se hizo fue la selección del tramo y la medición del área transversal de la cuenca; luego para la medición de la velocidad superficial se utilizó un micro molinete Global Water y finalmente se realizó el cálculo del caudal a través de los datos previamente obtenidos.

Guiados por el Resolución 2115 de 2007, donde se establecen sistemas de control y vigilancia para la calidad de agua para consumo humano, se realizó un muestreo in situ en cada punto por medio de la Sonda multiparamétrica HL9829, acompañada por un muestreo puntual para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos referenciados en la tabla 1, los cuales fueron analizados por el laboratorio Daphnia LTDA certificado por el IDEAM, siendo este análisis basado en el Standard Methods SM 1060 de 2012 y el protocolo de muestreo del IDEAM para la correcta recolección de muestras, conservación y preservación de las mismas asegurando la integridad durante toda la cadena de custodia hasta el análisis de los resultados.

En la tabla 1.1 se presenta los parámetros fisicoquímicos – microbiológicos evaluados y las condiciones necesarias de preservación, almacenamiento y volumen recolectado para su análisis.

**Tabla 1.** Recomendaciones para el muestreo y preservación [9].

RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO Y PRESERVACION					
Determinación	Recipiente	Volumen mínimo(ml)	Preservación	Almacenamiento máximo	Cantidad de preservante (ml)
Ph	Plástico – vidrio	50	Análisis inmediato	-	-
Alcalinidad	Plástico – vidrio	200	Refrigerar	14 días	-
Aluminio	Plástico – vidrio	100	Refrigerar a 4°C – preservar con HNO <sub>3</sub> 6N	6 meses	2 ml
Calcio	Plástico – vidrio	100	Acidificación a pH<2	1 mes	2 ml
Cloruro	Plástico – vidrio	50	No requiere	28 días	-
Color aparente	Plástico – vidrio	500	Refrigerar 4° c	48 horas	-
Conductividad	Plástico – vidrio	500	Refrigerar	28 días	-
Dureza total	Plástico – vidrio	250	Agregar HNO <sub>3</sub> 6N hasta pH <2	6 meses	1 ml
Fósforos	Vidrio (a)	100	Refrigerar a 4°C y preservar con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 6N	48 horas	1 ml
Hierro total	Plástico Blanco/Transp.	100	Refrigerar a 4°C con HNO <sub>3</sub> 6N	48 horas	2 ml
Magnesio	Plástico	100	Preservar con HNO <sub>3</sub> 6N Refrigerar a 4°C	6 meses	2 ml
Nitrato	Plástico – vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas( 28 días para muestras cloradas)	-
Nitrato+ nitrito	Plástico – vidrio	200	Refrigerar a 4°C	28 días	-
Nitrito	Plástico – vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas	-
Sulfatos	Plástico – vidrio		Refrigerar a 6°C	28 días	-
Coliformes	Plástico – vidrio	250	Refrigerar a 4°C ( no llenar por completo el frasco)	6-8 horas	-
E.Coli	Vidrio	250	Refrigerar a 4°C	Deben ser analizadas lo más rápido posible. Antes de 24 horas	-
DBO	Plástico – vidrio	1000	Refrigerar a 4°C	48 horas	-
DQO	Plástico – vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .Refrigerar	28 días	1 ml

Posteriormente, de acuerdo a los informes entregados por el laboratorio, se procedió a realizar la comparación de los resultados frente a los valores máximos permisibles establecidos por el Resolución 2115 del 2007, realizando a la vez el análisis estadístico descriptivo mediante el uso del Software SPSS y la identificación del índice de riesgo asociado al consumo del agua.

Para el cálculo del IRCA se asignó el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°.6 de la Resolución 2115 de 2007, a cada característica física, química y microbiológica, por el

no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha Resolución. Ya teniendo los valores de cada parámetro se procede a aplicar la fórmula para cada punto de muestreo y así determinar el valor presente del índice de riesgo de calidad del agua.

Cabe resaltar que se realizó el análisis de 12 (Doce) parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 para evaluar el IRCA; los cuales fueron: Alcalinidad, Coliformes Totales, *E. coli*, Turbiedad, Ph, Cloruros, Aluminio, Nitratos, Calcio Total, Hierro, Magnesio y Dureza Total. Por otra parte en el punto de muestreo número 4 (cuatro) debido a su difícil acceso no se pudo realizar el análisis completo de los parámetros evaluados por la Sonda Multiparamétrica.

Finalmente a partir de los resultados se elaboró el mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable en el que se identificaran las concentraciones de cada uno de los parámetros a lo largo de río y su Índice de Riesgo mediante la utilización del Software ArcGis 10.3.1.

## **Resultados**

En los puntos 1 y 2 evaluados es evidente que la presencia de *E. coli* es nula y Coliformes totales es baja en comparación al estado aguas abajo, lo cual puede estar relacionado a que en el sector no hay presencia de viviendas o actividades económicas cerca de su ronda; entre los puntos de muestreo del 3 al 7 se incrementan los valores de Hierro, Turbiedad, *E. coli* y Coliformes Totales asociado a la presencia de cinco predios en donde se realizan actividades de pastoreo intensivo, actividades avícolas, porcícolas y de siembras como: maíz, papa y arveja; generando un impacto asociado al contenido de heces y sedimentos provenientes de dichas actividades. Por otra parte la turbidez puede influir también en los altos niveles de hierro encontrados, ya que generalmente los habitantes de la zona vierten sus aguas negras directamente.

Entre los puntos 10 al 19 se reduce la cantidad de *E. coli*, Coliformes Totales y de hierro, ya que la actividad de pastoreo disminuye, además del cambio de actividad económica a acuicultura en donde la calidad del agua debe ser adecuada para la cría de truchas y finalmente aguas abajo se empiezan a evidenciar actividades comerciales que no generan un gran impacto.

## **Análisis Estadístico**

La tabla 2 presenta el reporte de los análisis realizados en el tramo, distribuidos en 19 muestras alrededor del sector del Embalse del Neusa hasta la Plaza, en donde se puede destacar que los parámetros que sobrepasan los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 son *E. coli*, Coliformes Totales, Hierro y Turbiedad.



**Tabla 2.** Resultados análisis de laboratorio.

Nº	Alcalinidad	Calcio Total	Cloruros	Coliformes T	Hierro	Dureza Total	E. Coli	Turbiedad	Ph	Aluminio	Magnesio	Nitratos	IRCA	Rango
Muestra 1	16,00	27,29	7,44	188	0,82	18,1	0	3,4	7,75	0,2	2,89	10	31,5	Medio
Muestra 2	15,5	33,24	8,69	198	0,53	17,1	0	3,8	7,03	0,2	2,42	10	56,5	Alto
Muestra 3	13	28,63	7,69	269	0,79	18,1	13	8,1	7,15	0,2	2,5	10	41,5	Alto
Muestra 4	13,5	20,85	7,44	230	0,45	19,1	10			0,2	2,57	10	56,5	Alto
Muestra 5	14,50	17	7,69	280	0,32	20,1	11	5,1	7,22	0,2	2,43	10	56,5	Alto
Muestra 6	16,50	15,36	9,93	300	0,49	20,1	6	5,1	7,12	0,2	2,85	0,2	56,5	Alto
Muestra 7	12,50	11,87	10,42	260	0,53	25,2	10	3,5	7,15	0,2	1,76	0,22	56,5	Alto
Muestra 8	14,00	14,79	10,67	10000	0,48	21,1	7	7,8	7,18	0,2	2,8	0,19	56,5	Alto
Muestra 9	17,00	18,55	11,41	10000	0,62	17,1	2	10,3	7,03	0,2	2,45	0,29	56,5	Alto
Muestra 10	17,50	20,04	9,18	290	0,74	18,1	0	4,3	6,94	0,2	2,39	0,25	31,5	Medio
Muestra 11	14,00	18,23	10,17	270	0,54	21,1	6	3,3	7,06	0,2	3,36	0,25	56,5	Alto
Muestra 12	13,00	18,34	8,19	10000	0,95	20,1	2	4,5	7	0,2	2,61	0,21	56,5	Alto
Muestra 13	21,50	24,14	8,93	200	0,68	14,1	3	4,9	6,9	0,2	2,60	0,25	56,5	Alto
Muestra 14	22,50	33,16	11,17	190	0,83	20,1	15	4,2	7,2	0,2	2,91	0,24	56,5	Alto
Muestra 15	13,50	15,14	12,41	10000	0,60	37,3	0	8,8	7,21	0,2	2,92	0,24	31,5	Medio
Muestra 16	16,50	12,47	8,93	310	0,85	12,1	37	10	7,1	0,2	2,68	0,23	56,5	Alto
Muestra 17	12,50	17,8	9,93	180	0,86	18,1	12	12,2	7,2	0,2	2,28	0,22	56,5	Alto
Muestra 18	15,00	21,48	8,93	320	0,57	28,2	5	9,4	7,03	0,2	1,84	0,28	56,5	Alto
Muestra 19	13,50	21,66	8,93	350	1,01	22,1	20	9,4	6,07	0,2	3,66	0,27	58	Alto

**Fuente:** [10].

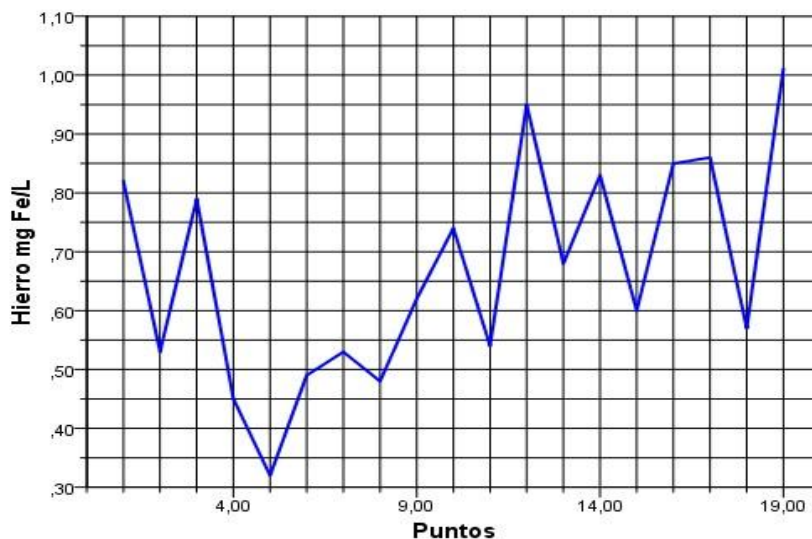
En la tabla 3 se presenta el resumen del análisis estadístico descriptivo realizado a través del Software SPSS, presentando el promedio, la desviación típica de los datos y los valores máximos y mínimos alcanzados.

**Tabla 3.** Análisis descriptivo Software SPSS.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
HIERRO	19	,32	1,01	,6663	,18895
DUREZA	19	12,10	37,30	20,3842	5,41051
E.COLI	19	,00	37,00	8,3684	9,00747
TURBIEDAD	18	3,30	12,20	6,5611	2,89241
pH	18	6,07	7,75	7,0744	,30887
ALUMINIO	19	,20	,20	,2000	,00000
MAGNESIO	19	1,76	3,66	2,6274	,44740
NITRATOS	19	,19	10,00	2,8074	4,41628
FOSFORO	19	,08	,50	,4779	,09635
COLIFORMES	19	180,00	10000,00	2307,1053	4081,73676
ALCALINIDAD	19	12,50	22,50	15,3684	2,80299
CALCIO	19	11,87	33,24	20,5284	6,28283
CLORUROS	19	7,44	12,41	9,3763	1,42326

Fuente: [10].

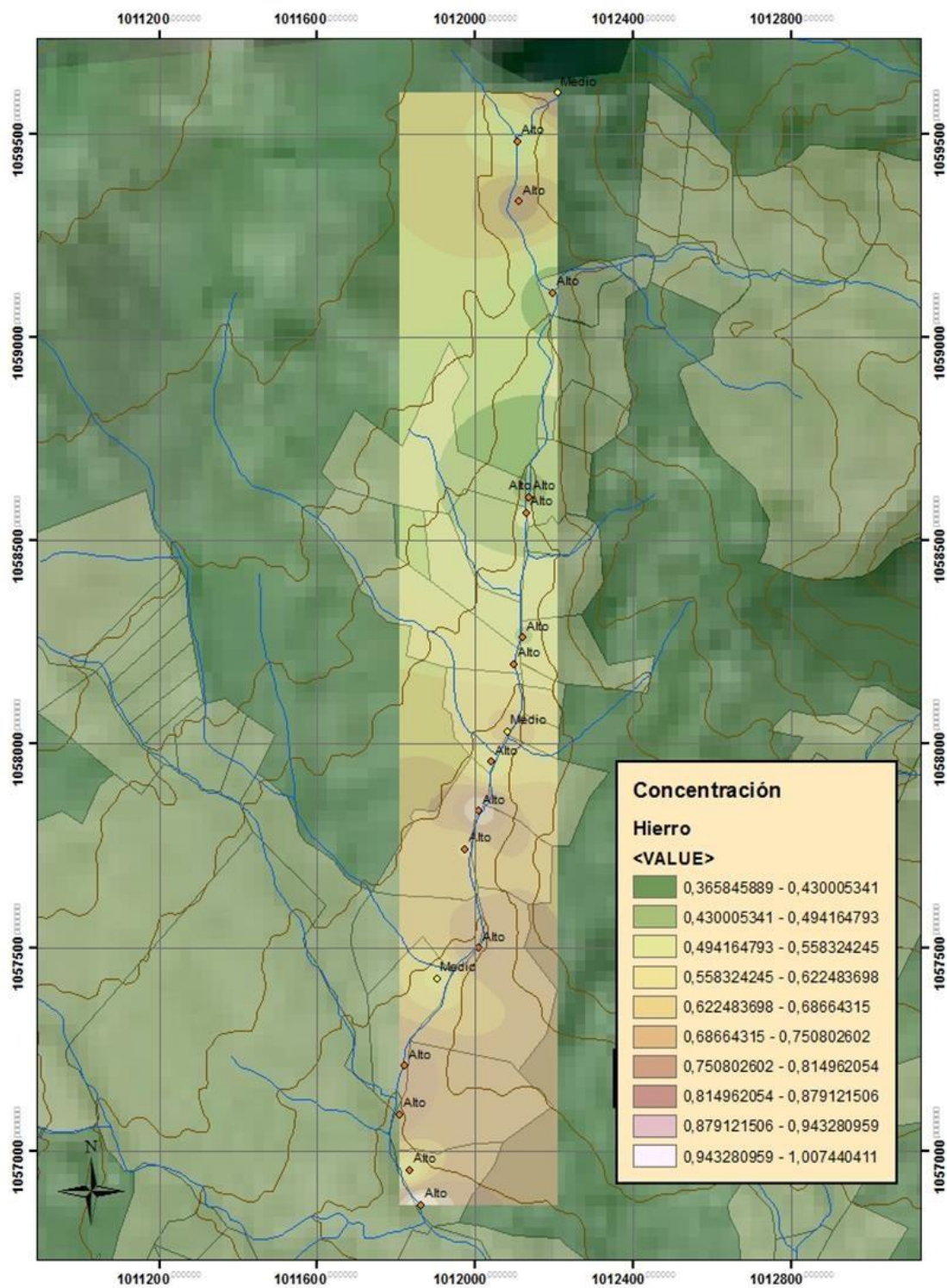
**Gráfica 1.** Concentración de Hierro.



Fuente: [10].

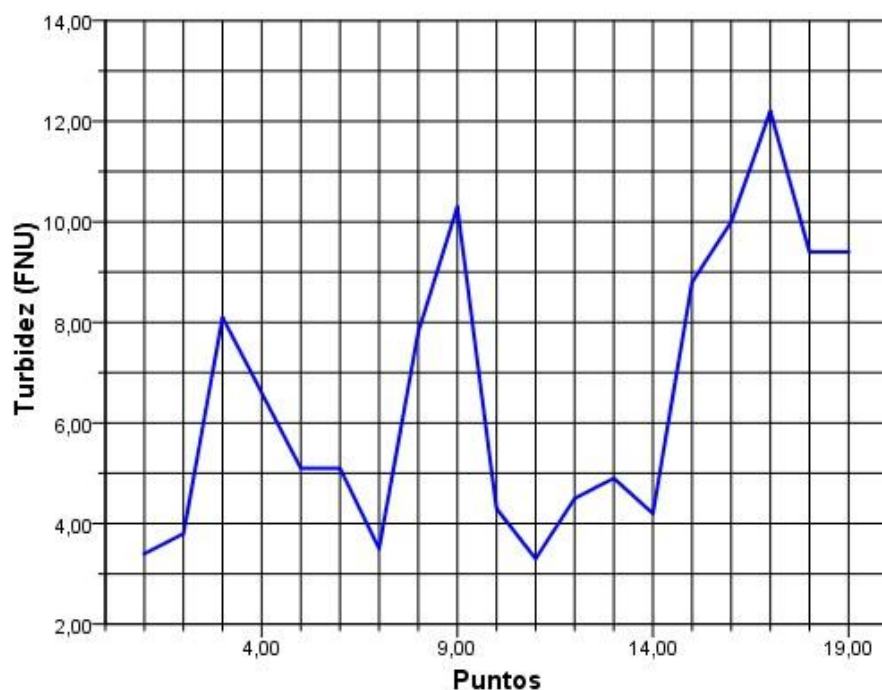
Para el caso del hierro, los valores presentan un comportamiento variable sobrepasando en todos el punto de muestreo el valor límite permisible de 0,3 mg Fe/L evidenciándose en la imagen 1 y en la gráfica 1 donde alcanza un valor mínimo de 0,32 mg Fe/L en el punto de muestreo N° 5, y un valor máximo de 1,01 mg Fe/L en el punto de muestreo N° 19; con un promedio de 0,66 mg Fe/L. y presentando una variación de 1,8% entre los datos con respecto a la media.

Imagen 1. Mapa de concentración del Hierro.



Fuente: [10].

**Gráfica 2.** Concentración de Turbidez.

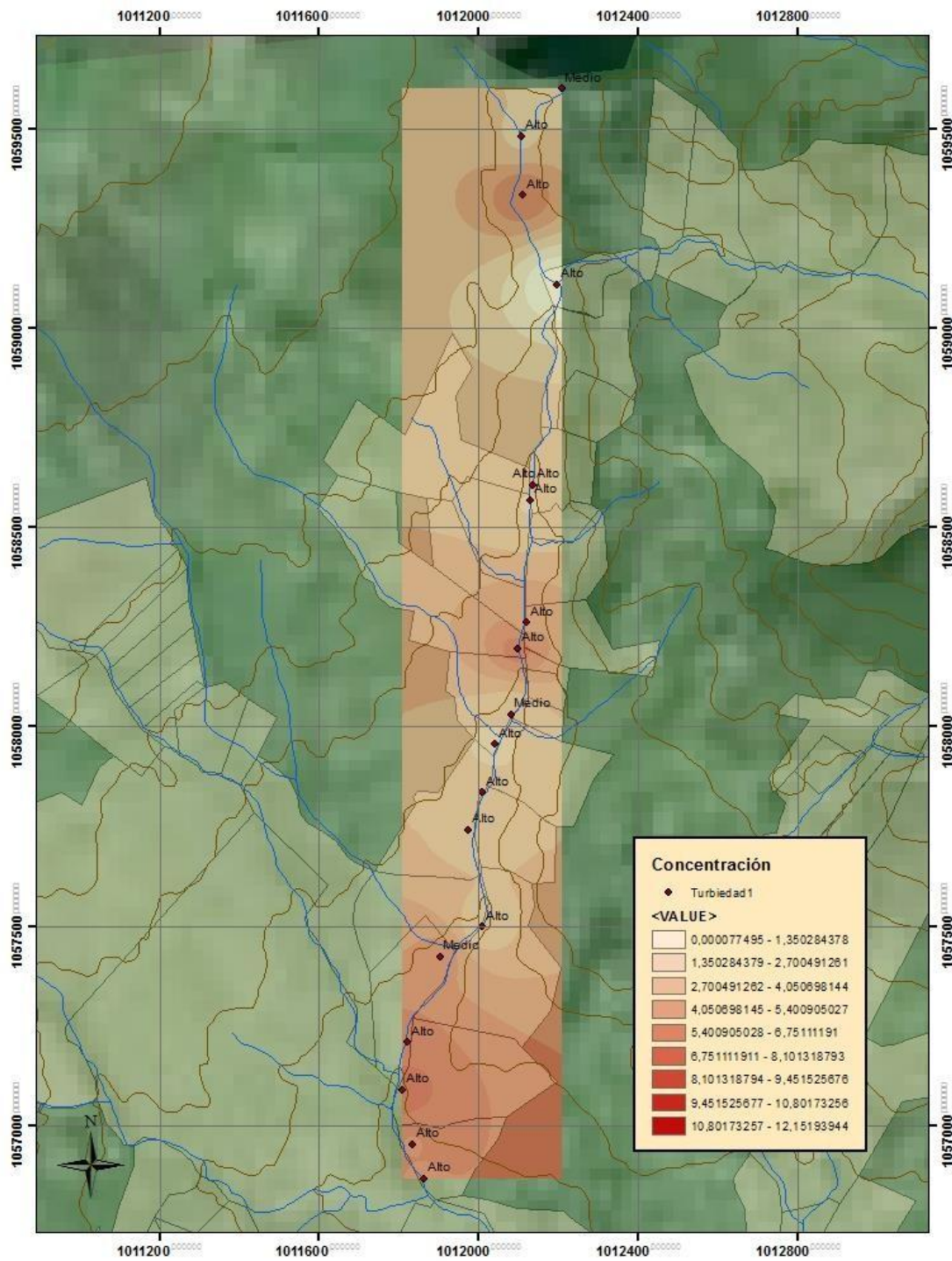


**Fuente:** [10].

Se observa que la turbidez presenta una variación del 2,8% entre los datos con respecto a la media de 6,6 FNU presentando un comportamiento asimétrico; evidenciando en la Imagen 2 y la gráfica 2 una variabilidad notable durante todo el tramo presentando tres picos de altas concentraciones alcanzando un valor máximo de 12,2 FNU y teniendo un valor mínimo de 3 FNU los cuales sobrepasan el valor máximo permisible de 2 FNU. Con respecto a la curtosis el conjunto de datos representa una distribución relativamente plana.

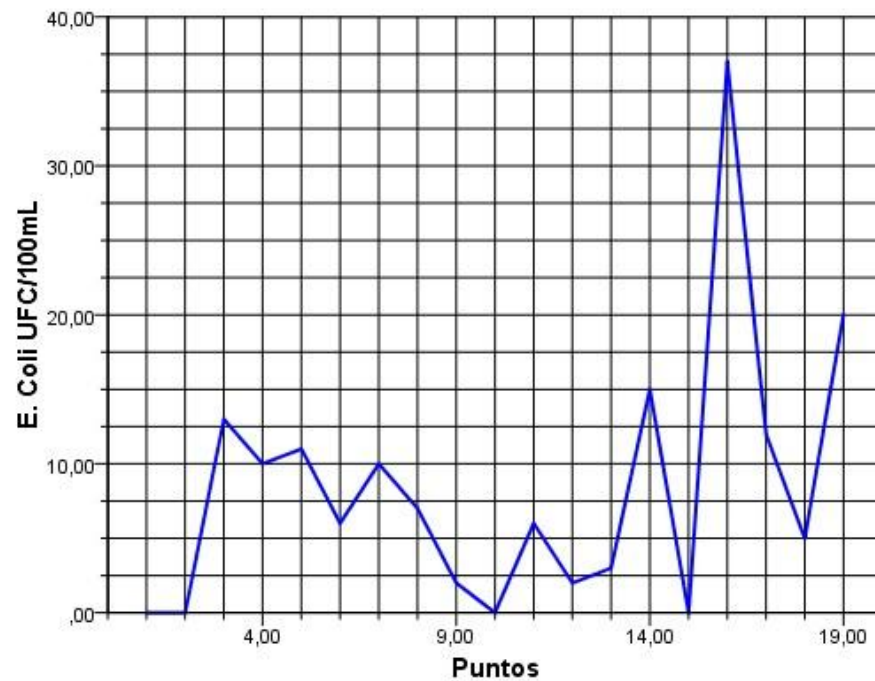


Imagen 2. Mapa de concentración de Turbiedad.



Fuente: [10].

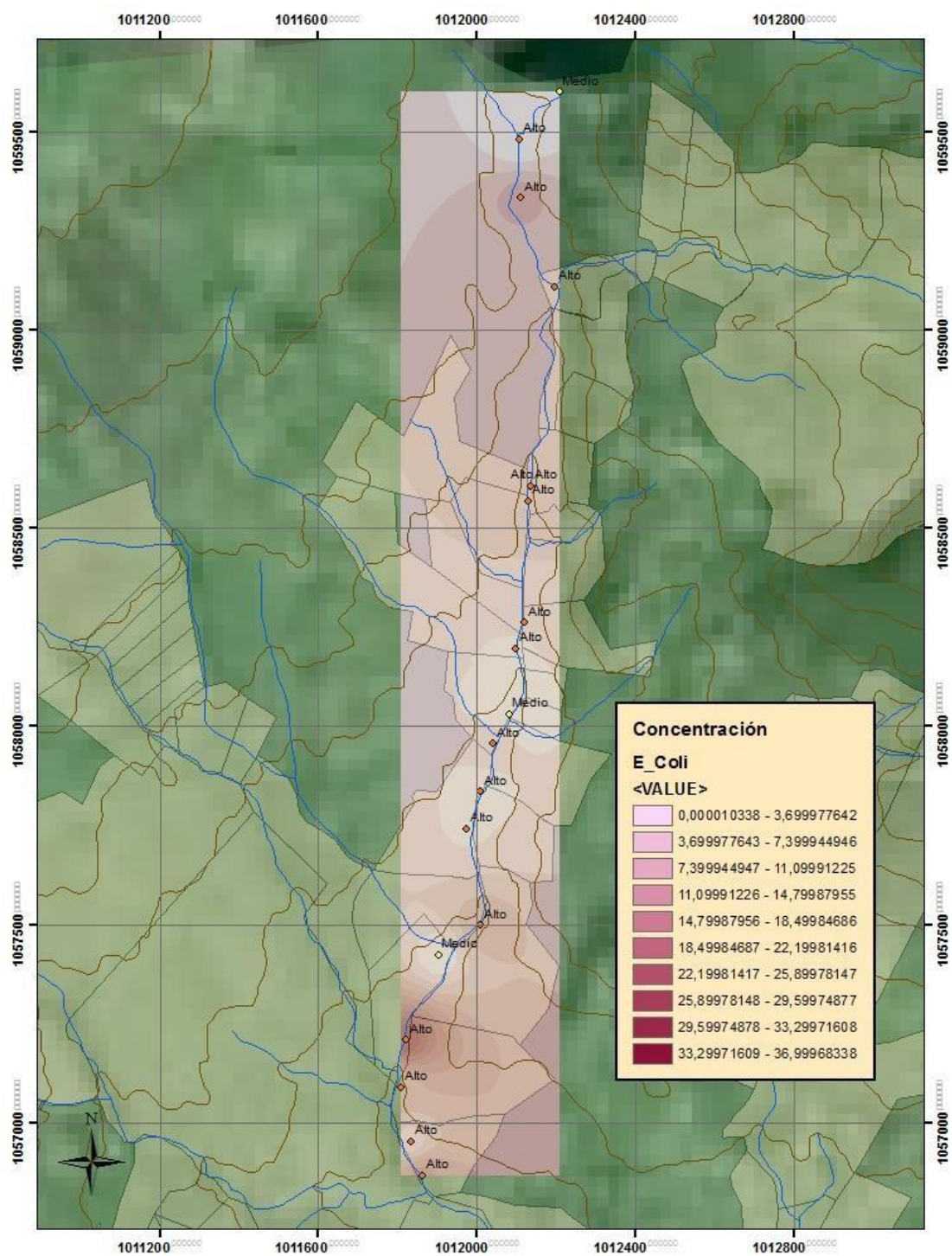
**Grafica 3. *E.Coli*.**



**Fuente:** [10].

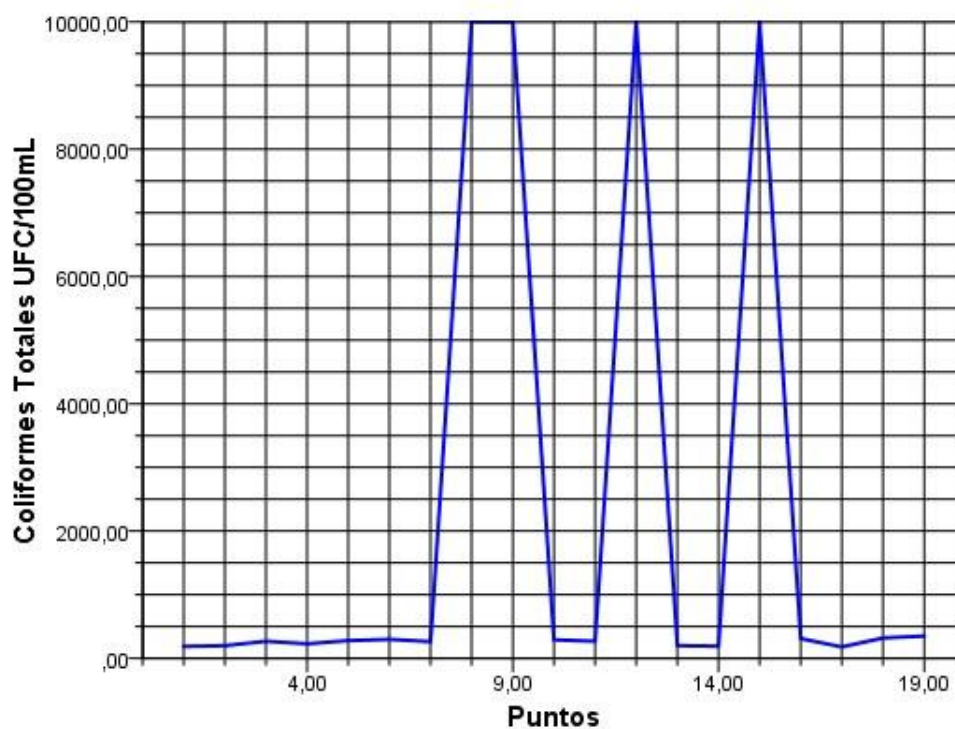
El comportamiento de los valores de *E.Coli* presenta una desviación del 9% con respecto a la media de 8,3 UFC/100ml, los cuales varían notablemente como se evidencia en el Imagen 3; para el punto de muestreo N° 16 se presenta un pico máximo de 37 UFC/100ml superando el valor permisible de 0 UFC/100ml y un valor mínimo de 0 para 4 puntos de muestreo realizados. Por otra parte presenta una curtosis positiva indicando una mayor concentración de los datos con respecto a la media.

**Imagen 3.** Mapa de concentración de *E.Coli*



**Fuente:** [10].

**Grafica 4.** Concentración de Coliformes Totales.

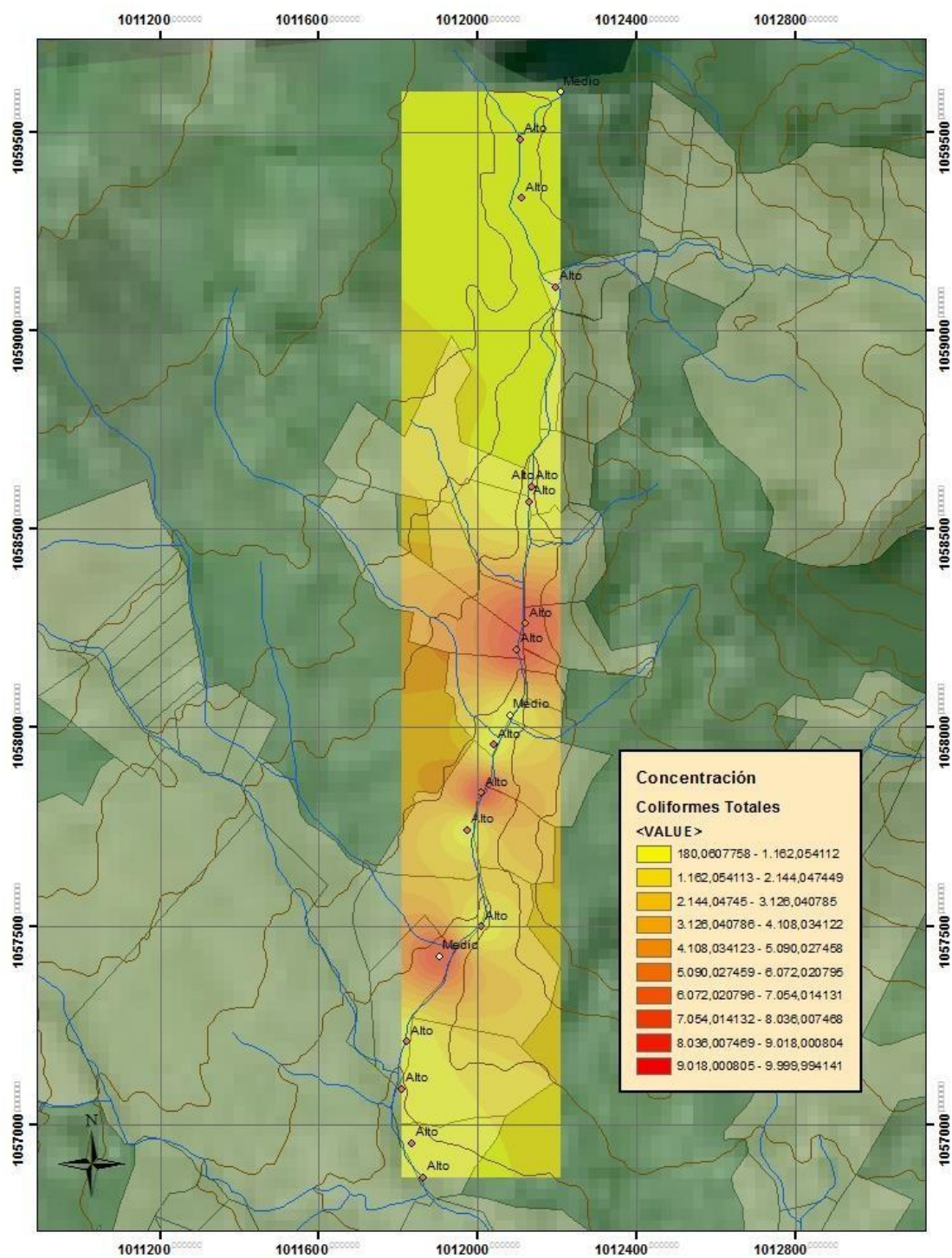


**Fuente:** [10].

En cuanto los Coliformes Totales presentan un comportamiento irregular alrededor del tramo, alcanzando valores máximos hasta de 10.000 UFC/100ml y un valor mínimo de 180 UFC/100ml superando el valor permisible de 0 UFC/100ml representados en la Imagen 4, presentando un coeficiente de asimetría positivo de 1,4 indicando que los valores presentaron una tendencia a estar más separada de la media de los datos.



**Imagen 4.** Mapa de concentración de Coliformes Totales.

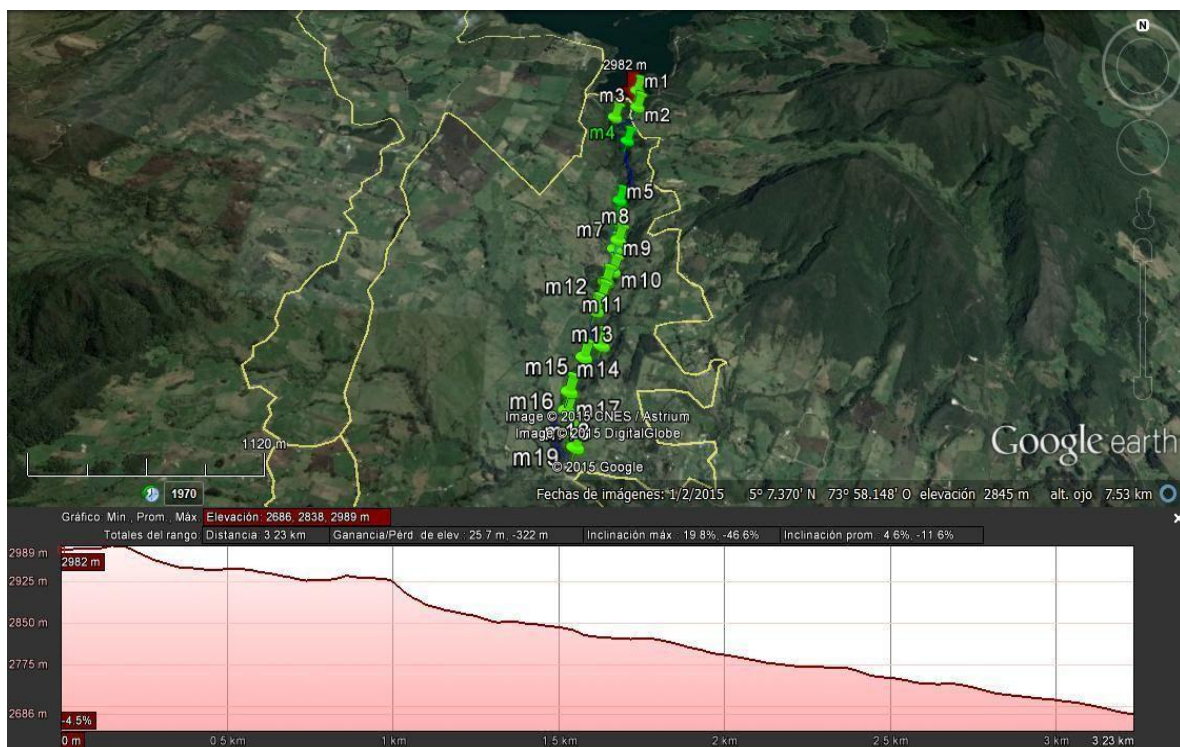


Fuente: [10].

## Perfil de Río Neusa

Durante el recorrido a lo largo del río Neusa es evidente que el servicio de agua potable que reciben los habitantes del municipio de Cogua varía notablemente; ya que entre el tramo del Embalse Neusa hasta el sector la Planta, principalmente existen grandes áreas de bosque, cultivos y pastos; allí los vertimientos que recibe son principalmente domésticos y de actividades como el pastoreo que influyen de manera moderada en la baja calidad del agua; ya que su economía se basa en la realización de actividades pecuarias en la mayor extensión del área y en una proporción menor actividades agrícolas; siendo una zona que presenta una inclinación que varía entre 46,6% hasta un 19,8% con una elevación promedio de 2838 msnm, lo cual facilita la escorrentía de sedimentos que se derivan de dichas actividades.

**Imagen 5.** Perfil del Río Neusa entre el sector del Embalse del Neusa y la Planta [10].



En la unión de la quebrada Sabana Larga, los predios pertenecen a grandes fincas donde se llevan a cabo actividades de recreación y pesca, además la cobertura boscosa empieza a disminuir debido a la tala de árboles para la adecuación de los terrenos.

Para la zona de la Vereda Quebrada Honda la comunidad refiere no haber presentado inconvenientes con el servicio de agua, ya que no se han desarrollado casos de ningún tipo de enfermedad asociado al consumo y el abastecimiento siempre es constante. A comparación de las demás quebradas que abastecen al Río Neusa la Quebrada Honda presenta uno de los mejores panoramas como afluente.

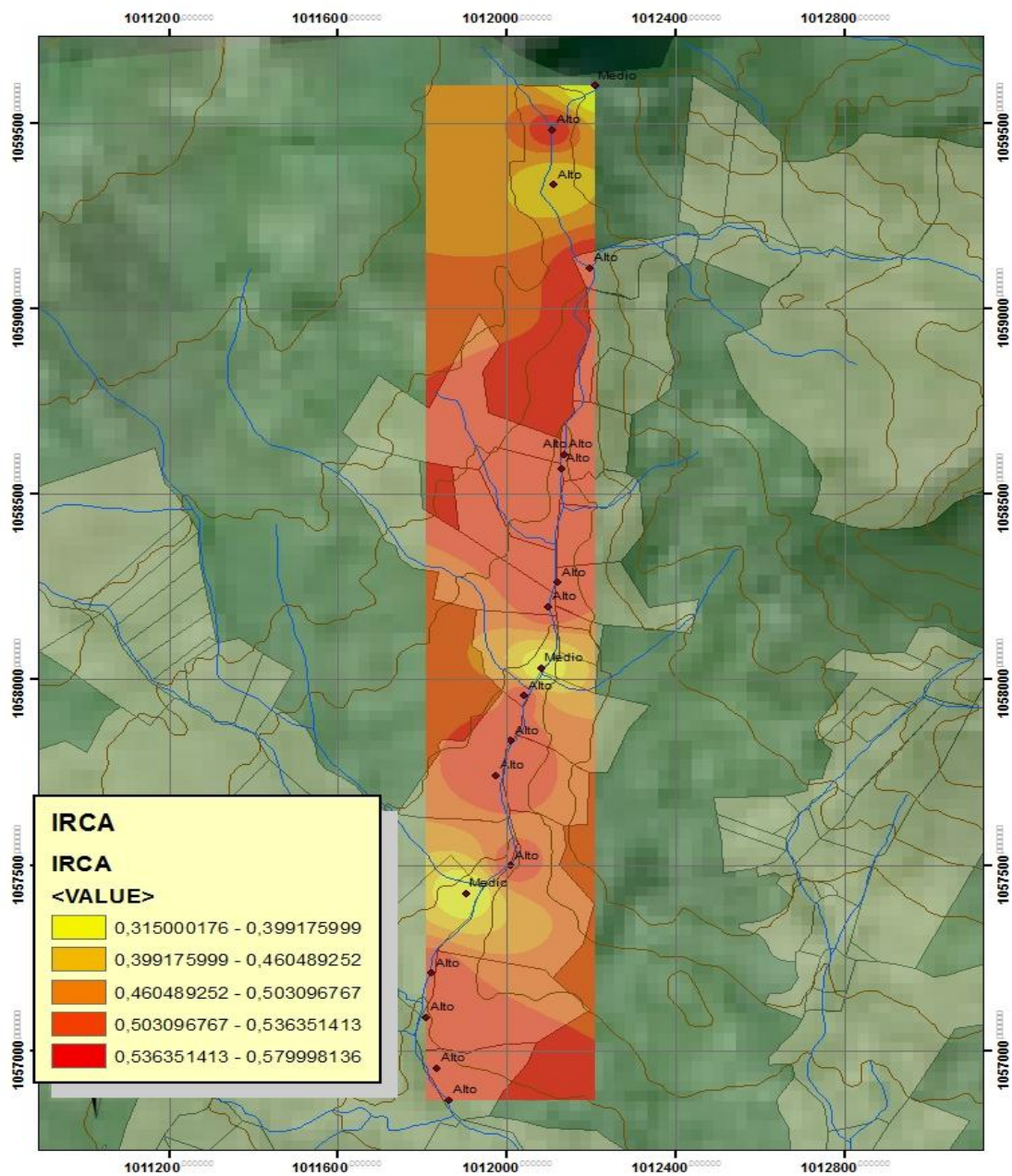
Los predios del sector hacen uso directo del agua en el río para consumo humano, aumentando la probabilidad de ocurrencia de enfermedades gastrointestinales por la ingesta directa del afluente sin tratamiento previo. Aunque este tramo no cuenta con grandes industrias, según las concentraciones encontradas la calidad del agua no es apta para el consumo humano debido a la falta de tratamiento y control por parte de las autoridades.

Es por esto que Las entidades de control deben tomar medidas que garanticen a los pobladores una óptima calidad de agua y a la vez mantener un ambiente ideal que les



permita vivir en un lugar confortablemente, pues muchos de ellos manifiestan su interés en conservar el medio en el que habitan.

**Imagen 6.** Mapa de Riesgo de Calidad de Agua Potable entre el Embalse del Neusa y La Planta



**Fuente:** [10].

De acuerdo al marco normativo de la Resolución 2115 de 2007, los resultados de los análisis físicoquímicos y microbiológicos en el agua, nos indican que en términos generales las características del agua servida a la población incumplen con los criterios establecidos para el consumo humano, ya que en el 84,2% de las muestras señalan que se presenta un índice de riesgo Alto y tan solo el 15,8% un riesgo Medio, es importante recordar que la captación del agua se realiza directamente de las aguas superficiales, las cuales están expuestas a una mayor exposición y escorrentía de partículas orgánicas e inorgánicas originadas por las actividades socioeconómicas que tienen lugar en la zona de estudio, generando altos índices de Coliformes Totales y *E.Coli*; reflejando así una posible deficiencia en los sistemas de potabilización del acueducto veredal Quebrada Honda el cual cubre en totalidad la zona de estudio; en los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección; por lo cual los habitantes de la zona están expuestos a una mayor probabilidad a desarrollar enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada.

Según el informe del 2013 de la calidad del agua potable, para el departamento de Cundinamarca, más del 74% de la población departamental está clasificado Sin Riesgo, el 15% con Riesgo Bajo, el 10% con Riesgo Medio y solo un 1% con riesgo Alto, de lo cual el municipio de Cogua pertenece a un índice de riesgo bajo, entrando en discusión con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que de acuerdo a estos informes los municipios del Departamento de Cundinamarca han ido mejorando la prestación del servicio pero se evidencia que los mecanismos utilizados para mejorar la calidad de agua que garantice el bienestar y la salud de las personas han ido decayendo con el pasar del tiempo.

Por consiguiente se recomienda por medio del trabajo de las diferentes entidades y actores competentes y responsables de suministrar y preservar la calidad del agua del río Neusa, desarrollar actividades que garanticen el abastecimiento de agua para consumo humano realizando programas de vigilancia y control los sistemas de abastecimiento veredal que cubren las veredas Sabana Larga, Quebrada Honda y Cardonal en la zona de estudio, vinculado a los usuarios, asociaciones y organizaciones, entre otros, en procesos de implementación de alternativas de potabilización y suministro mediante programas de educación formal y no formal que garanticen la optimización de los sistemas de abastecimiento, cumpliendo con la normatividad vigente, como el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución Número 2115 de 2007.

Con respecto a la salud, la identificación, reporte y seguimiento de los diferentes casos e incidentes presentados en la población asociados a calidad inadecuada de agua potable, mal uso y/o manejo evidenciado en los informes que presenta el SIVICAP, como lo son las EDAS (Enfermedad diarreica Aguda) y las Hepatitis A, por ejemplo, se deberá buscar el mejoramiento de las condiciones sanitarias tanto de la comunidad como de su entorno velando por la protección de la salud, con la implementación de acciones de promoción de la salud, prevención de la enfermedad y vigilancia a factores de riesgo sanitarios.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos durante esta investigación, se demuestra que la fuente de abastecimiento para la población ubicada alrededor del embalse del Neusa hasta la planta posee un IRCA Alto dominante a través del tramo, presentando un incumplimiento en los parámetros de Hierro, Turbiedad, Coliformes Totales y *E. coli*. Es por esto que es necesario que las autoridades competentes refuercen al sistema de vigilancia sanitaria, coordinando y fortaleciendo intersectorial e interinstitucionalmente actividades que garanticen el una alta calidad de agua para consumo humano y a la vez que permitan identificar oportunamente los problemas con la prestación del servicio ya que los habitantes de la zona presentan un alto grado de riesgo teniendo una mayor probabilidad de adquirir enfermedades transmitidas por el consumo del agua contaminada, especialmente las de ciclo oral-fecal; y además fomentar medidas preventivas de higiene, relacionadas con la salubridad del agua y los alimentos, para evitar enfermedades como la hepatitis A y las EDAS tal y como lo establece Briñez y otros [11].
- Con relación a los usos del suelo, y de acuerdo a la revisión bibliográfica efectivamente la economía se basa en el desarrollo de actividades relacionadas con siembras, criaderos de truchas, actividades avícolas y principalmente actividades de pastero alrededor de la zona, lo cual influye directamente sobre la calidad del agua que está siendo suministrada a los pobladores debido a su alto contenido de Coliformes Totales y de *E. coli*.
- Durante las visitas de inspección sanitaria se evidencio en campo que los vertimientos que se presentan alrededor del tramo son principalmente de origen doméstico, y en menor escala producto de las actividades agrícolas y ganaderas, ya que en general los predios encuestados se dedican exclusivamente al pastoreo y a la siembra de pequeñas parcelas de maíz y papa, y únicamente un predio se dedica exclusivamente a la actividad de crianza de truchas, en donde las características del agua mejoraron notablemente.

## Bibliografía

- [1] M. d. S. y. p. Social, «Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia año 2012,» Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2013.
- [2] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Decreto 1575 de 2007, Bogotá, 2007.
- [3] Alcaldía de Duitama, «Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano de la vereda la Trinidad y la vereda Tocogua Municipio de Duitama,» Duitama, 2012.
- [4] SIVICAP, «Octavo Reporte: Parametro Fisicoquímicos y Microbiológicos inadmisibles por municipio, índices de riesgo,» Instituto Nacional de Salud, 2013.
- [5] Corporación Autonoma Regional - CAR, «Soporte de plan de manejo y ordenamiento de una cuenca- POMCA rio Bogotá. Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca,» Cundinamarca.
- [6] D. Duran y D. C. Suarez, «Perfila ambiental de la subcuenca del Río Neusa,» Bogotá D.C, 2011.
- [7] Comité Municipal para la atención integral a la población desplazada, «Plan integral único para la atención a la población en situación de desplazamiento por la violencia,» Cogua, 2011.
- [8] Alcaldía Municipal de Cogua, «Plan basico de ordenamiento territorial de Municipio de Cogua,» Cogua, 2007.
- [9] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, «Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,» New York, 1995.
- [10] Ayala Bayona, Marcela Alejandra; Cifuentes Rojas, Ana María;, *Diseño del mapa de riesgo de calidad de agua potable para la subcuenca del Río Neusa en el tramo desde el Embalse del Neusa hasta la Planta.*, Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2015.
- [11] K. Briñez, J. Guarnizo y S. Arias, «Calidad del agua para consumo humano en el Departamento del Tolima,» *Faculta Nacional de Salud Pública*, vol. 2, nº 30, pp. 175-182, 2012.
- [12] Ministerio de Salud, «Informe Nacional de la calidad del agua para el consumo humano año 2013 con base en el IRCA,» Bogotá, 2014.
- [13] Organización Mundial para la Salud, «Organización Mundial para la Salud,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>.

- [14] Alcaldía del municipio de Cogua, «Plan integral único para la atención a población desplazada,» Cogua, 2011.
- [15] M. d. s. y. p. Social, «Vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia año 2012,» Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2013.
- [16] M. d. s. y. p. social, «Vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia año 2012,» Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2013.
- [17] H. J. y. K. Prescott L, «Microbiología,» McGraw-Hill, Madrid, España.