

## **Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba**

### **Evaluation of the physicochemical and microbiological characteristics of the supply water for human consumption of the community of Jaraquiel, Córdoba**

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

#### **Para Citar:**

Burgos, C., Aleán, A., & Estrada, P. (2018). Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 35-51. doi:<http://doi.org/10.23850/23899573.1631>

#### **Carlos Andrés Burgos Galeano**

MSc en Ciencias Ambientales; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; [burgosgaleano@gmail.com](mailto:burgosgaleano@gmail.com)

#### **Paula Andrea Estrada Palencia**

Químico; Tecnólogo en agua y saneamiento; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; [paulaestradaPalencia@gmail.com](mailto:paulaestradaPalencia@gmail.com)

#### **Álvaro Enrique Aleán Vásquez**

Químico; Tecnólogo en agua y saneamiento; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; [alvaroalean@hotmail.com](mailto:alvaroalean@hotmail.com)

## Resumen

El corregimiento de Jaraquiel, cuenta con un acueducto comunitario, el cual transportaba el agua del río Sinú a un sistema de almacenamiento, ahí se depositaba en estructuras y por acción de la gravedad llegaba a las viviendas, pero ésta no pasaba por ningún procedimiento que mejorara sus condiciones. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por los habitantes del corregimiento de Jaraquiel, antes y después de la optimización de la infraestructura de almacenamiento. Para llevar a cabo este proyecto, se realizó una visita de reconocimiento para la selección de los puntos de muestreo, llevando a cabo 3 muestreos antes y cuatro después de la optimización de la infraestructura. Tras la evaluación fisicoquímica y microbiológica realizada a la bocatoma y entrada acueducto, se observó a través de los siete muestreos que cumple con lo establecido en el decreto 1594:1984 lo que indica que esta se encuentra en condiciones óptimas para ser captada y solo realizarle tratamiento convencional. Para el agua que llega a las viviendas, en los primeros tres muestreos, que se realizaron antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento se obtuvo un Índice de Riesgo de Calidad del Agua “IRCA” del 86,11% lo que indicaba que era inviable sanitariamente. Después de la optimización de la infraestructura, se realizaron cuatro muestreos, no siendo satisfactorio en todos los puntos en los tres primeros, por lo tanto, fue necesario realizar varios ajustes y en el último muestreo los resultados arrojaron que el agua que recibe la comunidad es apta para el consumo humano según lo descrito en la resolución 2115:2007 para agua potable y teniendo una clasificación del nivel de riesgo en salud según el Organismo Internacional de Certificación de Auditores de sistemas de gestión - IRCA del 0,0 % lo que indica que es sin riesgo.

**Palabras clave:** optimización, parámetros, IRCA, coliformes, calidad del agua.

## Abstract

The district of Jaraquiel, has a community aqueduct, which transported the water from the Sinu River to a storage system, where it was deposited in structures and by gravity came to the houses, but this did not go through any procedure that would improve your conditions. The objective of this research was to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water consumed by the inhabitants of the Jaraquiel corregimiento, before and after the optimization of the storage infrastructure. To carry out this project, a reconnaissance visit was made for the selection of the sampling points, carrying out 3 samplings before and four after the optimization of the infrastructure. After the physicochemical and microbiological evaluation carried out at the intake and aqueduct entrance, it was observed through the seven samplings that it complies with the provisions of decree 1594: 1984, which indicates that it is in optimal conditions to be captured and only to be treated conventional. For the water that reaches the homes, in the first three samplings, which were carried out before the optimization of the storage infrastructure, an IRCA Water Quality Risk Index of 86.11% was obtained, which indicated that it was unviable sanitarily. After the optimization of the infrastructure, four samples were taken, not being satisfactory in all the points in the first three, therefore, it was necessary to make several adjustments and in the last sample the results showed that the water received by the community is suitable for human consumption as described in resolution 2115: 2007 for drinking water and having a classification of the risk level in health according to the IRCA of 0.0%, which indicates that it is without risk.

**Keywords:** optimization, parameters, IRCA, coliforms, water quality.

## Introducción

El estudio sobre la calidad de agua que se desarrolló en este proyecto de investigación, parte de información precisa que se ha obtenido en Colombia gracias a las indagaciones de autoridades sanitarias y consolidados Nacionales, los cuales concluyen que algunos departamentos del país presentaron un IRCA general de 23.4 % en nivel de riesgo medio en los últimos años (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Partiendo de la anterior información, en una colectividad se debe velar porque existan recursos básicos que garanticen a las personas mantener una mejor calidad de vida, entre estos se encuentra: contar con agua potable en los hogares, de no ser así perjudicaría en gran medida la salud de los individuos, tal era el caso de este corregimiento ubicado a 9,4 kilómetros del casco urbano de Montería dividido por el paso del río Sinú, en el departamento de Córdoba.

Siendo este río la fuente principal de abastecimiento de agua en Montería – Córdoba tanto de la zona urbana como rural de este municipio. El corregimiento de Jaraquiel capta agua de esta fuente, la cual cumple con los parámetros establecidos en el Decreto 1594 del 1984. La población en mención cuenta con un acueducto

comunitario llamado ACUEDEJAR, que constaba de una moto bomba que transportaba el agua del río Sinú a un sistema de almacenamiento ubicado en una parte alta de la zona, ahí se depositaba en estructuras que solo la almacenaban y por acción de la gravedad llegaba a las viviendas, pero ésta no pasaba por ningún procedimiento para ser potabilizada, es decir, que el agua suministrada a los hogares no cumplía con los lineamientos mínimos de salubridad que permite que sea apta para el consumo humano, descritos en la Resolución 2115 del 2007.

Se evaluó su calidad antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento y la que consume actualmente. Con el fin de comprobar que el agua que se provee en estos momentos, cumple con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

Este estudio de investigación aplicada, contribuyó en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad de Jaraquiel, corregimiento del departamento de Córdoba que está constituido por una comunidad

estratificada socioeconómicamente en los niveles 1 y 2, constituida por 1253 personas distribuidas en 323 familias.

Para llevar a cabo la ejecución de este proyecto, el trabajo se distribuyó en (4) cuatro fases; fase I- Visita de reconocimiento, fase II- Campañas de muestreo, fase III- Análisis de laboratorio y fase IV- Tratamiento y análisis de los resultados, a continuación se describen cada una de ellas.

### **Fase I: visita de reconocimiento**

En la selección de los puntos críticos de muestreo desde la captación hasta la distribución del agua en la comunidad de Jaraquiel, los sitios fueron georreferenciados como punto de monitoreo para la recolección de muestras. Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo a la Resolución 0811 del 2008 emitida por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008), que en el artículo 2 establece los criterios para los puntos de recolección de muestras en la red de distribución.

### **Fase II: campañas de muestreo**

Se realizaron Siete (7) muestreos; tres (3) antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento en los meses de agosto, septiembre

y octubre del año 2017, valores que se compararon con los resultados que se obtuvieron de los cuatro (4) muestreos que se realizaron después de la optimización de la infraestructura; en los meses de noviembre y diciembre (época de lluvia 2017), enero y febrero (época seca 2018), donde se observó los cambios en las características del agua en los diferentes meses. Se tomaron 2 muestras por cada punto de muestreo una para la evaluación fisicoquímica y la otra para la microbiológica, registrando la localización del punto de muestro y la hora en la que se llevó a cabo la toma de muestras.

Para las muestras microbiológicas se utilizó frascos de vidrio de tapa rosca de 250 mL previamente esterilizados y para las muestras fisicoquímicas frascos de vidrio ámbar de 1L limpios y secos, posteriormente se realizaron los parámetros de campo: pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y cloro residual libre de acuerdo a las metodologías descritas en APHA (2012), siguiendo el procedimiento de toma de muestras del Laboratorio de investigación y de calidad ambiental del SENA regional Córdoba.

### **Fase III: análisis de laboratorio**

Una vez terminado cada muestreo se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes

a los Índices de Contaminación, al Decreto 1594 del 1984 y la Resolución 2115 del 2007, según corresponda, en el Laboratorio de Investigación y Calidad Ambiental del SENA, Regional-Córdoba (Turbiedad, color, alcalinidad total, cloruros, dureza total, sulfatos, hierro total, aluminio, nitritos, fosfatos, coliformes totales y coliformes fecales, DBO5, SST) de acuerdo a las metodologías descritas en (APHA, 2012).

#### **Fase IV: tratamiento y análisis de los resultados**

Para cada punto fueron procesadas variables fisicoquímicas y microbiológicas mediante estadística descriptiva y multivariada (ANOVA). Además cada variable fisicoquímica y microbiológica, fue sometida a una prueba de distribución normal para así poder ejecutar un Análisis de Varianza de Una vía. Para las diferencias significativas se empleó el Test de mínima diferencia significativa de Fisher (LSD). Todos los análisis se calcularon empleando el software R 3.4.1.

Se realizó la interpretación adecuada de los resultados de los análisis correspondientes al Decreto 1594 del 1984 emitido por el Ministerio de Agricultura y Ministerio de Salud, comparando con los valores máximos permisibles garantizando su uso para consumo humano solo

con tratamiento convencional. Además se calcularon los Índices de Contaminación descritos por Ramírez & Viña (1998) (ICOMI, ICOMO, ICOpH e ICOSUS) para la fuente.

Para el caso de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos descritos en la Resolución 2115 del 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para agua potable, se comparó cada resultado con lo establecido en la norma, se determinó el Índice de Riesgo Calidad del Agua (IRCA), con los resultados de cada muestreo.

## **Resultados y discusión**

### **Visita de reconocimiento**

De acuerdo a lo estipulado en el artículo 2 de la Resolución 0811 del 2008 por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008), se establecieron los puntos de muestreo en conjunto con la Asociación del Acueducto de Jaraquiel “ACUEDEJAR”, se tomaron muestras en la bocatoma, con el fin de caracterizar la fuente abastecedora (Río Sinú), la entrada del acueducto, la salida y cuatro viviendas como se muestra en la Figura 1.



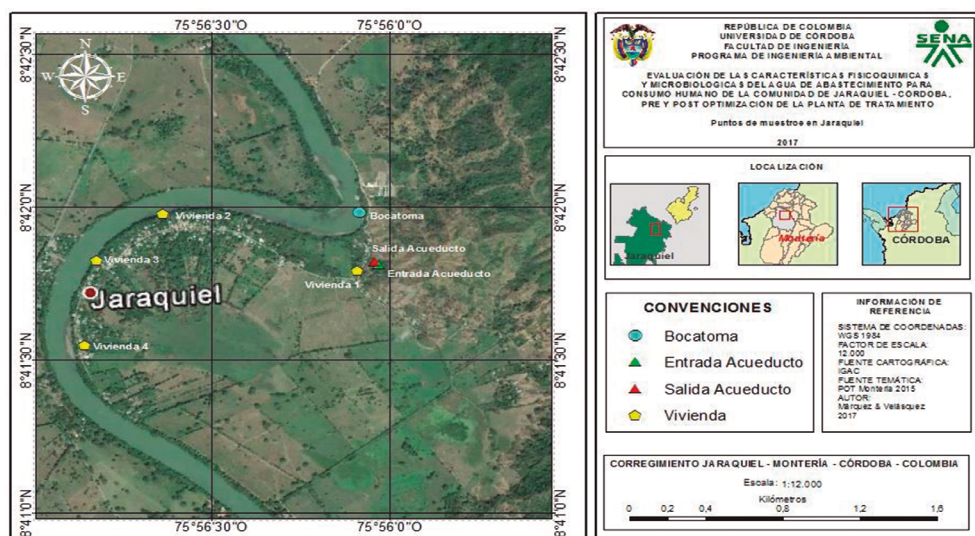


Figura 1. Mapa puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

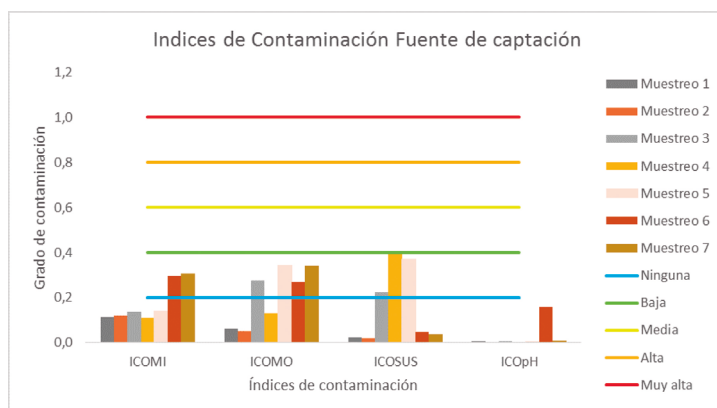


Figura 2. Índices de Contaminación (ICO's) de la fuente de captación por muestreo

Fuente: Elaboración propia

## Índices de contaminación ICO's

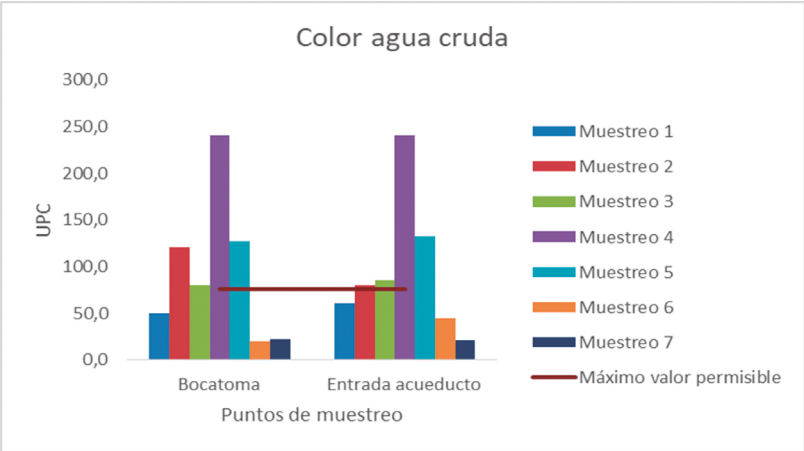
En la Figura 2 los índices de Contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOpH para la fuente de captación se observa que según los siete muestreos realizados, el

Río Sinú en el corregimiento de Jaraquiel no presenta ningún grado de contaminación, es decir, tiene una caracterización de aguas muy puras y quizá con aportes biogénicos y en algunos casos es baja, con leve incidencia antrópica, el índice que

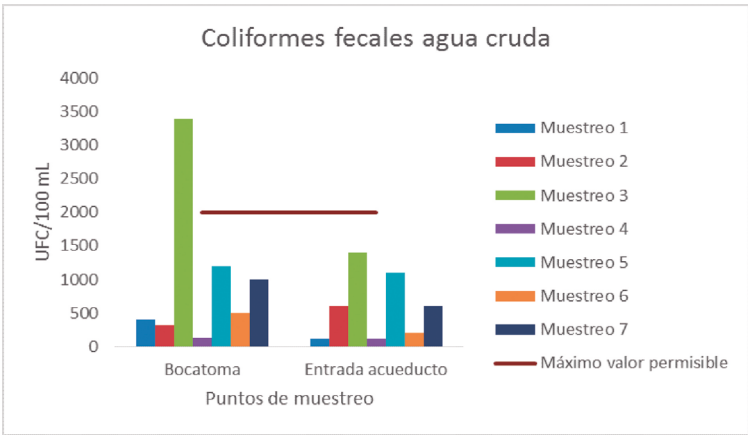
presenta los valores más altos es el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), sin embargo no sobrepasa el 0,4 con un grado de contaminación bajo, mientras que los valores más bajos son del índice de contaminación por pH (ICOpH), presentando un aumento en el muestreo 6 quedando en el límite sin ninguna contaminación.

**Parámetros físicoquímicos y microbiológicos - agua natural**

Para el río Sinú, en el punto de captación y la entrada del acueducto, se analizaron algunos parámetros físicoquímicos y microbiológicos según lo descrito en el Decreto 1594 del 1984, comparándolos con los valores máximos permisibles (Ver Figura 3 y 4).



*Figura 3. Color agua cruda*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 4. Coliformes fecales agua cruda*  
Fuente: Elaboración propia



Se encontró que los parámetros: pH, cloruros, sulfatos, nitritos y coliformes totales cumplen con lo establecido en la norma, mientras para color, en la Figura 3 se observa que en el muestreo 2, 3 y 4 los valores están por encima de 75 UPC, esto se debe a que era época de lluvia, en la cual aumenta la escorrentía trayendo consigo mayor cantidad de materia suspendida y disuelta, esto es más notable en el muestreo 4 para ambos puntos, lo que confirma el resultado del ICOSUS.

Teniendo en cuenta que la planta realiza tratamiento convencional, en estas condiciones necesitaría mayor dosis de coagulante y los coliformes fecales para el muestreo 3 en la bocatoma se encontraron 3400 UFC/100 mL, valor que está por encima de máximo permisible según el Decreto 1594 del 1984 que es de 2000 UFC/100 mL, este muestreo se realizó en época de lluvia.

Tras lo anterior, se puede concluir que el gran número de coliformes presentes en el agua se debe al arrastre de excremento de animales silvestres (mamíferos y aves) por la lluvia, las cuales son posteriormente dispersas por la corriente del río ocasionando contaminación por heces fecales en aguas superficiales de igual manera ésta se origina en la defecación a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres que

actúan como reservorios de agentes patógenos, teniendo en cuenta que la zona poblada de Jaraquiel está ubicada a 100 m aguas arriba de la bocatoma.

### **Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – agua tratada**

Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos evaluados para los puntos establecidos como agua tratada, se comparó el resultado de cada parámetro con el valor permisible según lo establecido en la Resolución 2115 del 2007. Encontrando que los parámetros de pH, conductividad, sulfatos, dureza total, cloruros, alcalinidad, aluminio, nitritos y fosfatos cumplen con los valores establecidos en la norma durante los 7 muestreos.

### **Cloro residual**

En los tres primeros muestreos, el agua que se suministraba a la comunidad no pasaba por ningún tratamiento, por lo tanto los niveles de cloro residual encontrados fueron de 0 mgCl<sub>2</sub>/L, en el muestro 4, que fue el primero después de la optimización de la infraestructura, se observa un aumento de estos niveles, según lo muestra la figura 5, cumpliendo con lo establecido por la normatividad vigente, el cual afirma que debe estar entre 0,3 y 2,0 mgCl<sub>2</sub>/L, valores que van disminuyendo a medida que se

aleja de la planta y en la vivienda 4 se obtuvo un valor de  $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{L}$ , el cual se encuentra por debajo del valor mínimo aceptable, tras varias pruebas de tratabilidad se logró disminuir la concentración de cloro residual en la salida del acueducto y en las viviendas, además aunque en el muestreo 6 el valor en la vivienda 4 está en el límite, para el último muestreo se logró el propósito, que a la última vivienda conectada a la red de distribución, le llegara el agua con una concentración de cloro que cumpliera con la norma.

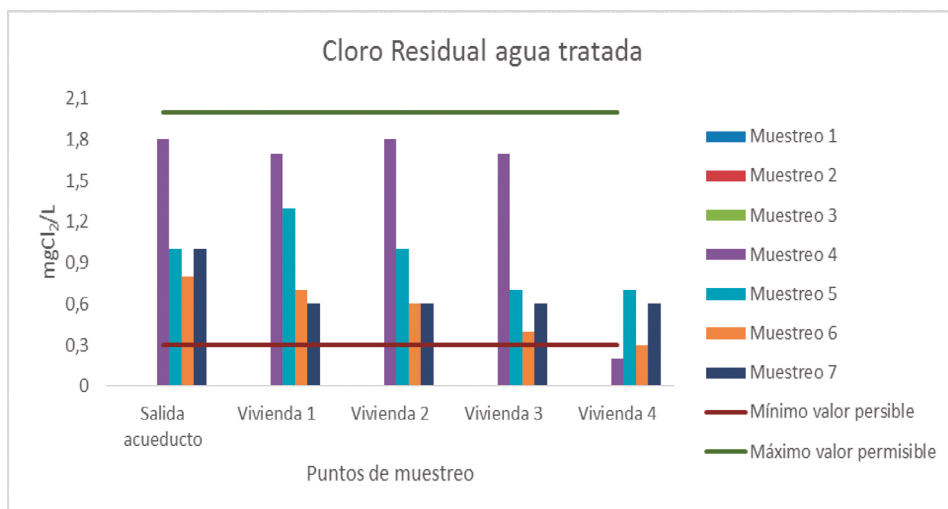
### **Turbiedad**

Este parámetro es fundamental para identificar si una planta de tratamiento de agua potable, está funcionando correctamente, tiene gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, manifestando el grado de contaminación en el agua, teniendo en cuenta que los tres primeros muestreos se realizaron cuando a la comunidad se les suministraba agua directamente del río, evidentemente los valores sobrepasan el valor máximo permisible establecido en la Resolución 2115 del 2007, como se observa en la Figura 6, cuando se realizaron los muestreos después de la optimización de la infraestructura, se observa un cambio muy notable, para la salida del acueducto, vivienda

1 y vivienda 2 la turbiedad está por debajo de 2NTU, para el caso de la vivienda 3 en el cuarto y quinto muestreo aunque mejoró la turbiedad aún no cumplía con la norma, sin embargo en los dos últimos muestreos se obtuvieron valores de 0,98NTU y 0,36 NTU, para el caso de la vivienda 4 que fue el punto en el cual se encontró mayor dificultad por el hecho de ser la última vivienda y además de que por más de 20 años la tubería distribuyó agua no tratada, en los muestreos 4, 5 y 6 en los cuales el agua ya debía llegar en condiciones óptimas, esto solo se logró observar en el último muestreo con una concentración de 0,71 NTU.

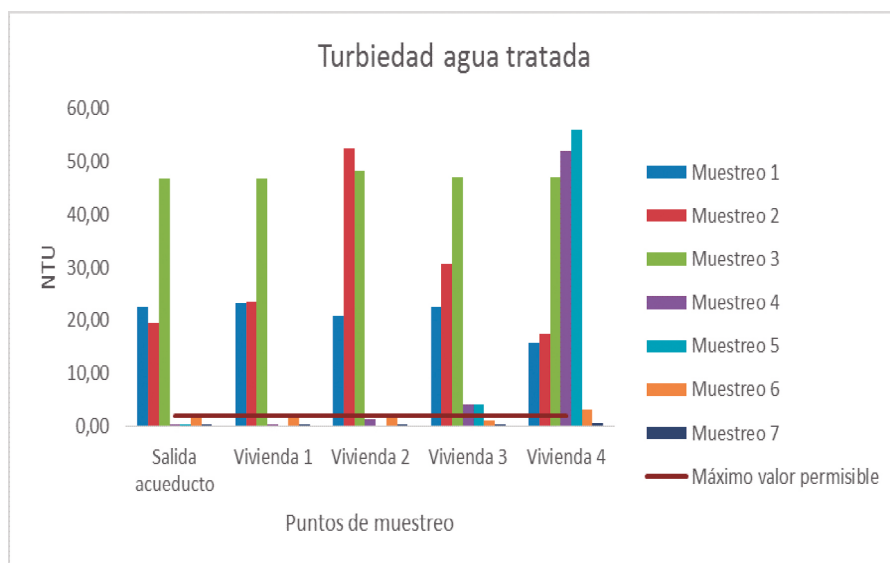
### **Coliformes totales y fecales**

La presencia de coliformes totales y fecales en el agua potable es un indicador de posible presencia de bacterias que causan enfermedades de origen hídrico, sin embargo la presencia de bacterias coliformes no garantiza que beber el agua causará una enfermedad. Muchas veces ocurre que los habitantes adquieren inmunidad a las bacterias transmitidas por el agua y cuando llega un visitante puede enfermarse por que no ha adquirido esta inmunidad. Según lo establecido por el ministerio de la protección social y el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible en la Resolución 2115 del 2007, el agua potable debe tener una



**Figura 5.** Cloro residual agua tratada

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Turbiedad agua tratada

Fuente: Elaboración propia

concentración de 0 UFC/100 mL para coliformes totales y fecales.

Las Figuras 7 y 8 muestran que en los tres primeros muestreos la concentración de coliformes totales y fecales era muy elevada, debido a que el agua era suministrada sin ningún tratamiento, para el cuarto muestreo solo se encontraron coliformes totales en la vivienda 3 y vivienda 4, en concentraciones de 10 y 11 UFC/100 mL, respectivamente

y coliformes fecales solo en la vivienda 4 (3 UFC/100 mL). En el muestreo número cinco, la vivienda 4 aumentó el número de coliformes totales y fecales por la misma razón que aumentó la turbiedad, el color y el hierro para este muestreo, aunque estas concentraciones disminuyeron en gran medida, en comparación con los tres primeros muestreos, solo se logró cumplir con la norma para todos los puntos en los dos últimos muestreos (0UFC/100 mL).

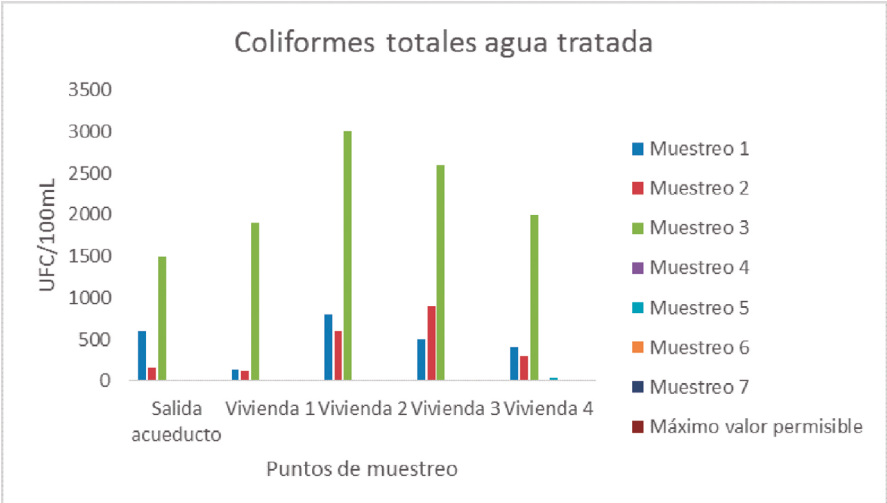
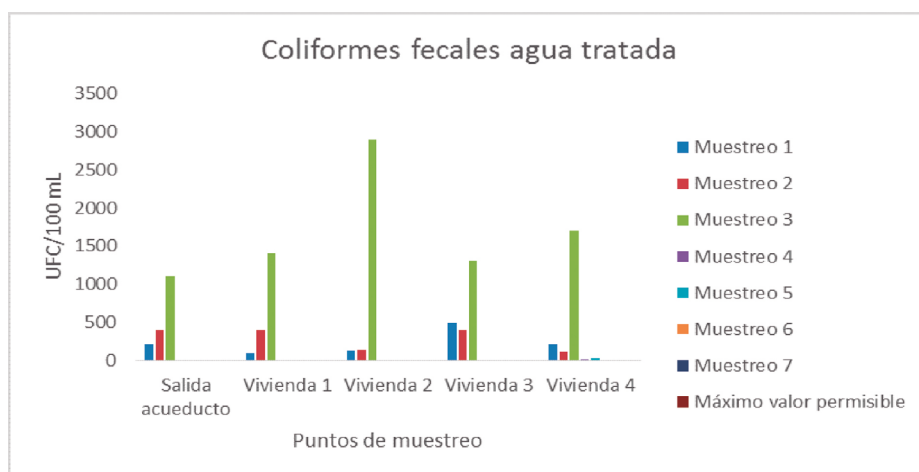


Figura 7. Coliformes totales agua tratada

Fuente: Elaboración propia

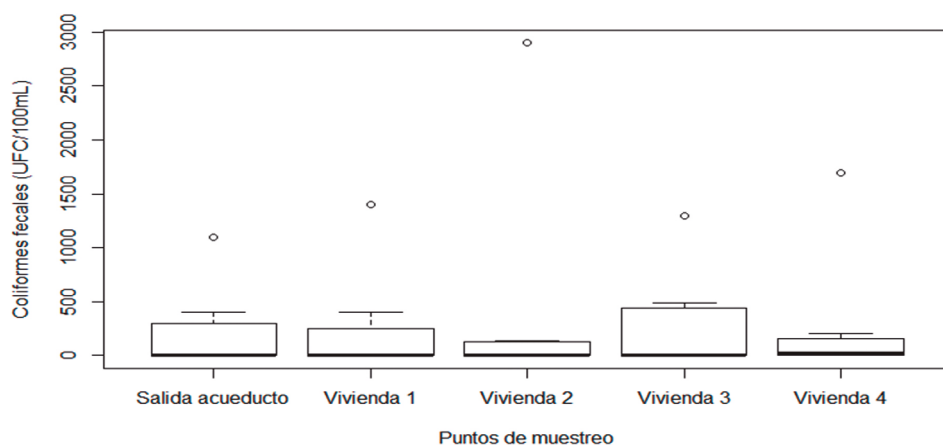
En el análisis de varianza el test de Fisher tomo las concentraciones más elevadas con datos atípicos, arrojando que no hay variabilidad entre la media de los puntos por lo tanto no se rechaza la hipótesis de

que hay igualdad de media dado que f-calculado es menor que el f-tabulado. Se obtuvo la misma la conclusión para todos los parámetros realizados en el proyecto (Ver Figura 9).



**Figura 8.** Coliformes fecales agua tratada

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9.** Variabilidad de coliformes fecales en agua tratada en los siete muestreos

Fuente: Elaboración propia

**Índice de Riesgo de Calidad de Agua (%IRCA) para los puntos de muestreo**

La Figura 10 se observa los resultados por muestreo de los Índices de Riesgo de Calidad del Agua IRCA para la salida de acueducto y las 4 viviendas, obteniendo para los primeros tres (3) muestreos realizados, que el agua de abastecimiento en el corregimiento de

Jaraquiel presentaba una clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra del 86,11%, es decir, que era inviable sanitariamente, de acuerdo al incumplimiento de parámetros fisicoquímicos como turbiedad, color, cloro residual, hierro total y microbiológicos como coliformes totales y coliformes fecales.

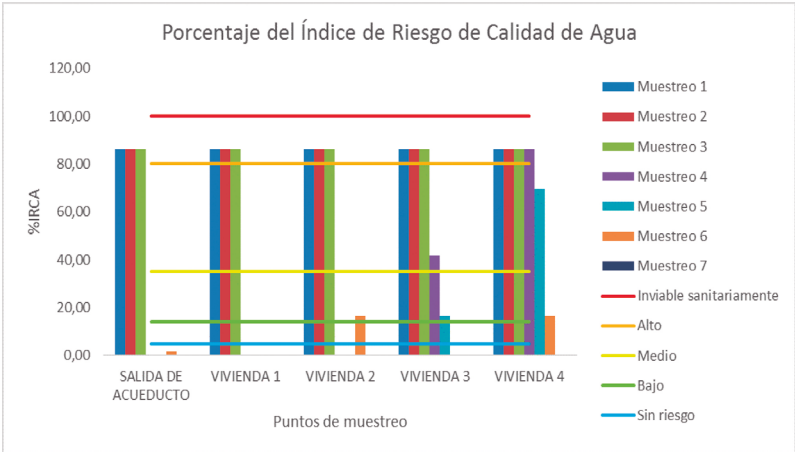


Figura 10. %IRCA para los puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

En el muestreo (4) el agua que salía de la planta, vivienda 1 y vivienda 2 estaba en condiciones óptimas, pero en la vivienda 3, no cumplía con turbiedad, color, hierro total y coliformes totales, presentando una clasificación del IRCA de 41,67% en nivel de riesgo alto y en la vivienda 4, no cumplía con cloro residual, turbiedad, color, hierro total, coliformes totales y fecales mostrando un IRCA de

86,11% en nivel de riesgo inviable sanitariamente.

Cuando se realizó el muestreo 5 el agua que salía de la planta, vivienda 1 y vivienda 2 expresaron un IRCA de 0,0% sin riesgo, pero en la vivienda 3, no cumplía con la turbiedad presentando una clasificación del IRCA de 16,67% en nivel de riesgo medio y en la vivienda 4, no cumplía con turbiedad, color, hierro

total, coliformes totales y fecales obteniéndose un IRCA de 69,44% en nivel de riesgo alto.

Para el muestreo seis (6) el agua en la salida del acueducto aunque no cumplía con el hierro total se encontraba en un nivel sin riesgo con un IRCA de 1,67%, la vivienda 1 y 3 presentaron un IRCA de 0,0% sin riesgo y las viviendas 2 y 4, no cumplían con la turbiedad, mostrando un IRCA de 16,67% en nivel de riesgo medio.

Luego de hacer diferentes ajustes al sistema de tratamiento, en el muestreo siete (7) para la salida del acueducto y las 4 viviendas se obtuvo un IRCA del 0,0 % lo que indica que el agua que actualmente se le suministra a la comunidad de Jaraquiel es sin riesgo, es decir, es apta para consumo humano y se debe continuar con la vigilancia.

## Conclusiones

Los índices de contaminación: ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOpH para la fuente de captación (Río Sinú) indican que no presenta ningún grado de contaminación a la altura del corregimiento de Jaraquiel, es decir, tiene una caracterización de aguas muy puras y quizá con aportes biogénicos y en algunos casos baja con leve incidencia antrópica.

En consecuencia, aunque color para el muestreo 2, 3, 4 y 5, y los coliformes fecales para el muestreo 3 sobrepasan el valor máximo aceptable, en general los resultados de cada parámetro cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 del 1984 es decir el agua de la fuente se encuentra en condiciones óptimas para ser captada y realizarle solo tratamiento convencional.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos nos indican que el agua que se suministra a las viviendas en la comunidad de Jaraquiel es apta para el consumo humano según lo descrito en la Resolución 2115 del 2007 para agua potable.

En síntesis se observó que para cada parámetro realizado existe una igualdad en la media, lo que indica que no hay diferencia significativa entre la media de las concentraciones para agua cruda (bocatoma y entrada de acueducto) y para agua tratada (salida de acueducto, vivienda 1, 2, 3 y 4) en los siete (7) muestreos, de tal modo que la concentración promedio de cada parámetro en agua cruda entre la bocatoma y entrada de acueducto es igual y para agua potable entre la salida de acueducto y las 4 viviendas es igual.



Gracias a la colaboración de la comunidad del corregimiento de Jaraquiel y la alianza SENA-Colciencias, Fundación FES y Corporación ENLACE se le solucionó el problema de agua potable a esta localidad.

Partiendo de lo anterior, podemos decir que gracias a los estudios realizados por el investigador de este proyecto y teniendo en cuenta la normatividad nacional vigente, el Decreto 1575 del 2007 y a la Resolución 2115 del 2007 emitidos por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se logró determinar que el agua que actualmente se suministra a los hogares de la comunidad de Jaraquiel es potable.

## Referencias

- APHA (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. (22 Ed.). EE.UU: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). *Resolución 2115 del 2007*. Instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial No. 46.679. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). *Resolución 0811 del 2008*. Lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. Diario Oficial No. 46.935. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2016). *Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2015*. Recuperado de [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015\\_reducido.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf)
- Presidente de la Republica (1984). *Decreto 1594 de 1984*. Diario Oficial 36700. Bogotá, Colombia.

Presidente de la Republica (2007).  
*Decreto 1575 del 2007.*  
Diario Oficial No. 46.623,  
Bogotá, Colombia.

Ramírez, A. & Viña, G. (1998).  
*Limnología colombiana.*  
*Aportes a su conocimiento*  
*y estadísticas de Análisis.*  
Bogotá, Colombia: BP  
Exploration, Universidad  
Jorge Tadeo Lozano.