



Evaluación de la Calidad del Agua del Acueducto de la Vereda Tubavita, Municipio de Vélez, Santander

Sara Melisa Vanegas Moreno¹
Leidy Tatiana Díaz Durán²

Resumen

El agua bien potabilizada es vital para la salud humana. Sin embargo, en acueductos veredales la potabilización del agua puede ser no ideal. Siguiendo esa premisa, este trabajo evaluó la calidad del acueducto de la vereda Tubavita (Vélez, Santander). Se analizaron 13 parámetros fisicoquímicos y dos microbiológicos; se halló que el color, turbiedad, cloro residual, hierro, coliformes totales y E. coli tuvieron valores no aceptables, así como un bajo nivel de cloro. Finalmente, se calculó el IRCA para tres muestreos: el primero con riesgo alto, el segundo y tercer con agua inviable sanitariamente, los resultados establecen que el agua del acueducto tiene alto riesgo para salud de los usuarios. Buscar mecanismos para mejorar el proceso es prioridad.

Palabras Clave: Agua potable, calidad del agua, acueducto, IRCA

Introducción

El agua potable es aquella que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas de tal manera que no se genera un riesgo para la salud. Asimismo, el agua debe ser transparente, si sabor u olor y no debe contener sólidos suspendidos (Ministerio de salud [Minsalud], 2015) La problemática del acceso a agua potable alcanza millones de personas. A nivel mundial al menos 2.000 millones de personas consumen agua contaminada con heces, la cual supone el mayor riesgo en cuanto a salubridad y transmisión

de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (Organización mundial de la salud [OMS], 2023). Es así, que cada año 297.000 niños menores de cinco años mueren por enfermedades diarreicas producto del agua no potable (Selim, 2022). Por tanto, el agua potable ha sido declarada un derecho y los estados deben garantizar su suministro igualitario a la población. Asimismo, no solo deben garantizar el suministro sino la calidad del agua, haciendo monitoreos periódicos.

¹Aprendiz. Tecnoacademia Regional Santander

²Facilitadora. Tecnoacademia Regional Santander

(OMS,2011) publicó una guía para el monitoreo a la calidad del agua potable, que implica evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que están representan riesgo a la salud humana. Entre ellos se destacan la evaluación de la presencia de microorganismos coliformes, los cuales pueden generar enfermedades como diarreas, cólera, disentería entre otras, que pueden llevar incluso a la muerte. Para Colombia (Ministerio de Protección Social, 2007) se establece las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Cerca del 98% de la población urbana cuenta con cobertura de acueducto, mientras que la población rural alrededor del 74%. Sin embargo, el mayor reto en el sector rural radica en mejorar la calidad y permanencia del servicio (Financiera de desarrollo territorial [FINDETER], 2021). Asimismo, dentro de los principales problemas en la prestación del servicio en la zona rural esta la falta de monitoreo de la calidad del agua, así como la falta de vigilancia de la prestación del servicio. En este sentido, los acueductos veredales generalmente no tienen tratamientos completos de potabilización ni tampoco un sistema de monitoreo a la calidad del agua que suministran, por lo que sus pobladores podrían estar poniendo en riesgo su salud.

Por su parte, en Vélez, el 97,81% de la zona urbana cuenta con cobertura en acueducto y la zona rural solo el 56,15% (Gobernación de Santander,

2020). Aunque a nivel municipal, Vélez no muestra riesgo para el consumo de agua, lo cierto es que los acueductos veredales no son vigilados de la misma forma que el acueducto municipal, como es el caso del acueducto de la vereda Tubavita. Por tanto, el monitoreo a la calidad del agua del acueducto veredal es transcendental para conocer el nivel de riesgo al que están expuestos los pobladores y así establecer los planes de acción en busca de una mejor calidad de vida. Dado esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua para consumo humano que suministra el acueducto de la vereda Tubavita, del municipio de Vélez (Santander) teniendo en cuenta la resolución 2115 de 2017.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio fue la vereda Tuvabita, ubicada en el municipio de Vélez, Santander, donde se ubica el acueducto veredal.

Muestreo, se realizó una primera campaña de muestreo en tres muestreos semanales en la fuente (llave) desde un punto usuario del acueducto. Una segunda con un único muestreo, el cual se realizó directamente en el tanque de almacenamiento del acueducto. Para las muestras de agua en la fuente, primero se tomó la muestra microbiológica; se desinfectó la llave con alcohol y se permitió que corriera el agua por tres (3) minutos. Posteriormente, se llenó con un frasco estéril de 1 litro con el agua hasta $\frac{3}{4}$ partes y se tapó inmediatamente. Este



procedimiento se hizo con medidas de asepsia. La muestra se refrigeró. Para la toma de la muestra fisicoquímica, sin cerrar la llave, se purgó tres veces un frasco de 1 litro con el agua de la llave. Posteriormente, el frasco fue llenado completamente. La muestra se refrigeró inmediatamente.

Para el muestreo en el tanque de almacenamiento, primero se tomó la muestra microbiológica. introduciendo un frasco estéril de un litro dentro del tanque, se destapó debajo del agua y se permitió que se llenara hasta $\frac{3}{4}$ partes del frasco y se cerró. A continuación, se tomó la muestra fisicoquímica, para esto se purgó tres veces un frasco de un litro y se sumergió en el tanque hasta que se llenara completamente. Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio del Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente en refrigeración permanente, sin superar las 24 horas para ser analizadas.

Para los análisis fisicoquímicos se usó un multiparámetro, un fotómetro y diferentes kits de análisis químico. Los parámetros evaluados fueron color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, alcalinidad total, HCO_3 , calcio, fosfatos, magnesio, dureza total, sulfatos, hierro total, cloruros, nitratos, nitritos y aluminio. Para el caso de la muestra del tanque de almacenamiento de agua del acueducto no se evaluó el cloro residual.

Todos los datos fueron interpretados teniendo en cuenta la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Análisis microbiológico, para el análisis microbiológico se usó la técnica de filtración por membrana. Para esto, se prepararon cajas de Petri con medio de cultivo cromogénico para coliformes y E. coli. Posteriormente, se filtraron 100 mL de la muestra de agua a través de un filtro de celulosa de poro de 0,5 μm . El filtro fue puesto sobre el medio preparado en las cajas de Petri y se incubó a 37°C por 24 horas. Finalmente, se hizo el conteo de colonias, teniendo en cuenta que las colonias rosadas corresponden a coliformes y las colonias azules corresponden a E.coli.

Todos los datos fueron interpretados teniendo en cuenta la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Cálculo del IRCA, para calcular el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) se tuvo en cuenta la siguiente ecuación (1):

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{Puntajes de riesgo asignado a todas las características asignadas}} * 100.... (1)$$

Los valores del IRCA se interpretan de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)
80.1 - 100	Inviabile sanitariamente	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador, SSPD, MPS, INS, MAV-DT, Contraloría General y Procuraduría
35.1 - 80	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, gobernador y a la SSPD.
14.1 - 35	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y gobernador
5.1 - 14	Bajo	Informar a la persona prestadora y al COVE.
0 - 5	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia.

Fuente: Elaboración de autores

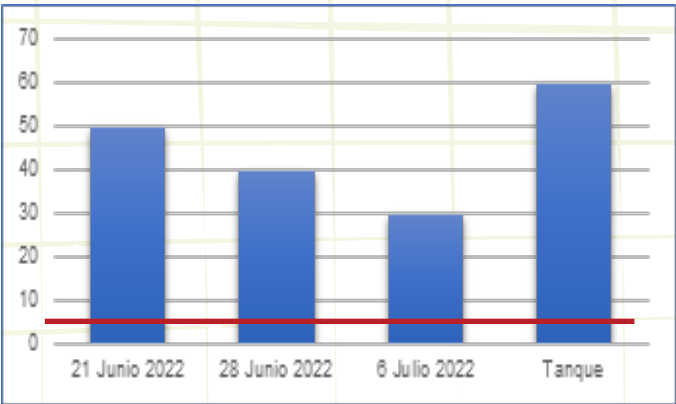
Resultados y discusión

Se analizaron 13 parámetros fisicoquímicos y 2 microbiológicos para la primera campaña de muestreo. De esos, color, turbiedad, cloro residual, hierro, coliformes totales y E. coli estuvieron fuera de los valores aceptables de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007). Para el caso de la muestra del tanque de almacenamiento del acueducto los parámetros que estuvieron fuera de los límites permitidos fueron color, turbiedad, hierro, coliformes totales y E. coli.

El color aparente es el resultado de la presencia de sustancias suspendidas y disueltas en el agua (Martínez y Osorio, 2018). El color está relacionado con la presencia de materia orgánica y de iones de hierro y manganeso. Asimismo, se relaciona el color con la presencia de sustancias húmicas y fúlvicas. La remoción de esa materia orgánica es

fundamental para eliminar olores y sabores desagradables, y para evitar que sea sustrato de microorganismos (Prado et al, 2019). Los altos valores de color aparente en todos los muestreos evidencian el inadecuado tratamiento al agua (Figura 1). Los procesos de filtración pueden eliminar la materia suspendida. La coagulación química es un proceso que ayuda con la eliminación del color (Prado et al, 2019).

Figura 1
Turbiedad para todas las muestras

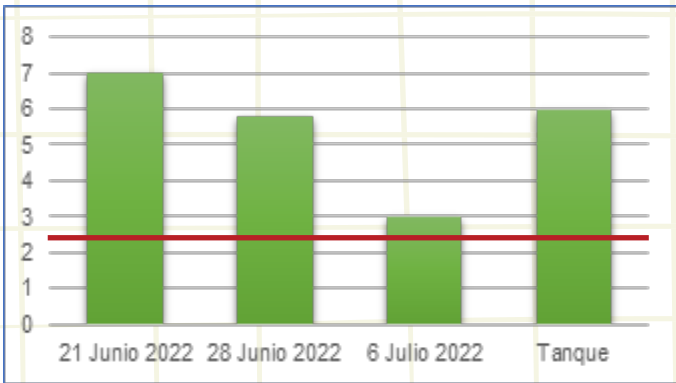


Nota. La línea roja indica el límite máximo permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.

Por su parte, el material suspendido orgánico, mineral y coloidal, genera que se interrumpa el paso de la luz. Dentro de este material se encuentran partículas de suelo, plancton, microorganismos y otras sustancias. La alta turbiedad, se asocia a una contaminación microbiológica dado que enmascara a los microorganismos ante tratamientos de desinfección. Lo que genera un aumento de microorganismos en el agua y la necesidad de mayores dosis de desinfectantes (Zafra, 2020; Rivas et al, 2021). En la Figura 2, los valores de turbiedad están muy por encima del límite permitido por la resolución 2115. El tratamiento usual es la

filtración, que busca separar las partículas en suspensión. Estos resultados indican que el proceso de filtración si se hace, no está siendo efectivo.

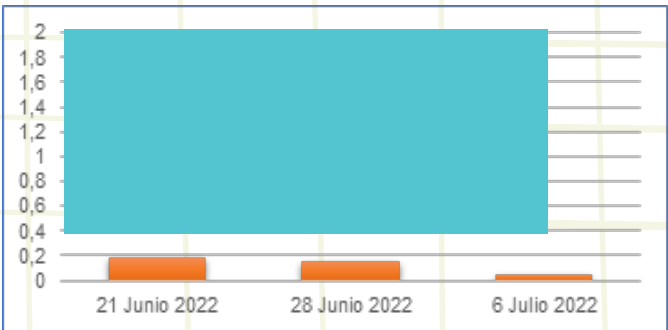
Figura 2
Turbiedad para todas las muestras



Nota. La línea roja indica el límite máximo permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.
Fuente: Elaboración de los autores

Para el caso del cloro, de acuerdo con la resolución 2115 de 2007. “las plantas de tratamiento deben garantizar mediante sistemas, estructuras o procedimientos de control, el tiempo de contacto del cloro como desinfectante, antes de enviar el agua a las redes y de poner el alcalinizante, el cual debe ser establecido de acuerdo con las tablas del artículo 115 de la Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico, o la norma que la sustituya, modifique o adicione”. Los valores observados en los tres muestreos evidencian valores de cloro residual por debajo del rango establecido por la normatividad. Esto sugiere que no se está llevando a cabo el proceso de desinfección adecuadamente.

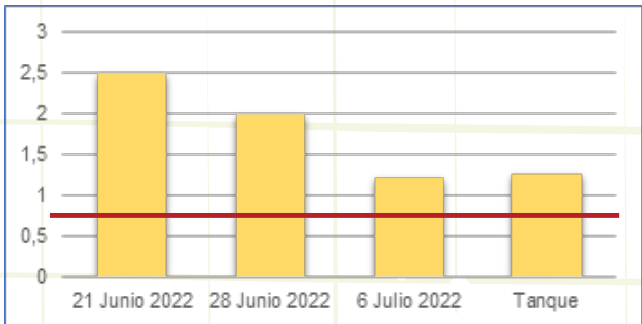
Figura 3
Cloro residual para las muestras de la primera campaña



Nota. La franja azul indica el rango de cloro residual permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.
Fuente: Elaboración de los autores

Para el caso del hierro se evidenció valores muy por encima del límite máximo permitido por la normatividad (Figura 4). El hierro puede provenir de fuentes naturales, especialmente aguas subterráneas, como es el caso del acueducto de la vereda Tubavita. Sin embargo, este no genera daño a la salud, pero sí mal sabor, olor y color. Incluso, puede a largo plazo acumularse en forma de óxidos y generar daños en los componentes del acueducto y sus redes. Para la eliminación de hierro existen diferentes tratamientos, entre los que están los convencionales que incluyen oxidación, precipitación y filtración (Zafra, 2020).

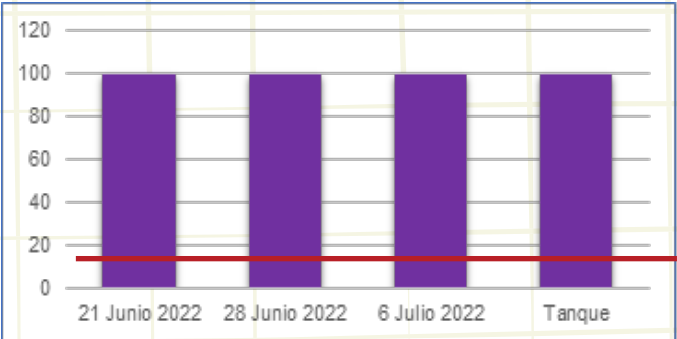
Figura 4
Hierro para todas las muestras



Nota. La línea roja indica el límite máximo permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.

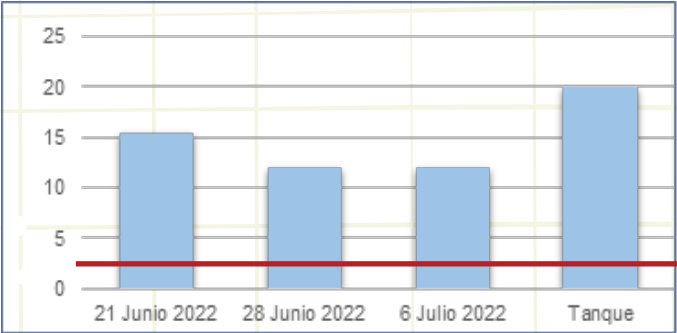
En las figuras 5 y 6, se muestran los elevados valores encontrados en los parámetros microbiológicos. Estos resultados indican la presencia de microorganismos asociados a enfermedades como diarrea, cólera, disentería entre otras, que representan un alto riesgo a la salud, especialmente para los menores de 5 años (OMS, 2022).

Figura 5
Coliformes para todas las muestras



Nota. La línea roja indica el límite máximo permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.

Figura 6
E. coli para todas las muestras



Nota. La línea roja indica el límite máximo permitido de acuerdo con la resolución 2115 de 2007.

Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos, se puede ver una relación entre los altos valores del color aparente

y la turbiedad con los altos valores de los parámetros microbiológicos. Sumado a esto, la evidencia de un inadecuado tratamiento de desinfección empeora la situación, poniendo en riesgo a la comunidad usuaria del acueducto. Asimismo, durante el muestreo del tanque de almacenamiento del acueducto se observó que los tanques de filtración no estaban en operación.

Finalmente, el valor del IRCA en el primer muestreo fue de 74,2% lo que cataloga el agua como de riesgo alto. En el segundo y tercer muestreo los valores fueron 86,3% y 85,2% respectivamente, evidenciando que el agua es inviable sanitariamente. Para los tres casos de acuerdo con la resolución, el agua no es apta para consumo humano y se debe informar a la persona prestadora con el fin para generar un plan de acción para su mejora. Estos altos valores de IRCA muestran las deficiencias dentro de la operación del acueducto, generando que el agua que se distribuye represente un riesgo muy alto para la salud de los usuarios.

Conclusiones

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que no estuvieron dentro de los límites máximos según la resolución 2115 de 2007 evidencian que el acueducto de la vereda Tubavita no está siendo operado correctamente. Parámetros como color y turbiedad muestran que no hay un adecuado proceso de coagulación, sedimentación y filtración. Asimismo, la anterior situación lleva a la gran presencia de microorganismos patógenos como los

coliformes y E. coli. La falta de un adecuado proceso de desinfección, dados los valores de cloro residual, lleva a que los microorganismos patógenos tengan menores posibilidades de ser eliminados.

Los valores de IRCA calculados para todos los muestreos son el resultado de los inadecuados procesos de potabilización. Los parámetros más riesgosos dentro del cálculo de este índice son los parámetros microbiológicos y la turbiedad, y son precisamente estos los que pasaron el límite máximo con valores muy por encima. Los análisis hechos en los tres muestreos indican que el agua que se distribuye en la vereda Tubavita, representa un riesgo muy alto para salud de los pobladores. Se debe buscar los puntos críticos en el tratamiento que actualmente se está haciendo al agua con el fin de mejorar el proceso y garantizar un agua de consumo con mayor calidad de acuerdo con los parámetros de ley.

Referencias

Financiera de Desarrollo Territorial. (2021). *Informe de gestión y sostenibilidad 2021*. [FINDETER]. https://www.findeter.gov.co/system/files/internas/Informe-de-Gestion-y-Sostenibilidad-2021_0.pdf

Gobernación de Santander. (2020). Plan de desarrollo 2020-2023. *Santander siempre contigo y parta el mundo*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36717>

Guillen, J., Baquerizo, R., y Córdova, R. (2021). Estudio de los procesos de remoción de hierro

y manganeso en aguas subterráneas: una revisión. *Polo del Conocimiento*, 6, (9), 1384-1407. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8094613.pdf>

Martínez, M y Osorio, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*, 7 (1), 143 – 155 <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>

Ministerio de salud. (9 de julio de 2015). *ABCÉ del agua y saneamiento básico*. [Minsalud]. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>

Organización mundial de la salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. [OMS]. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1136016/retrieve>

Organización mundial de la salud. (18 de septiembre de 2023). *Agua para consumo humano*. [OMS]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Prado, P., Tangerino, E. y Sánchez O. (2017). Remoción de color en agua de abastecimiento utilizando proceso electrolítico y filtración directa. *Revista Entre Ciencia e Ingeniería*, 11 (21), 22–27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-83672017000100022&lng=en&nrm=iso&tln g=es

Resolución 2115 de 2007. [Ministerio de la Protección Social]. 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. 22 de junio de 2007.

Selim, L. (16 de mayo de 2022). *Agua y hambre: Cuatro cosas que necesitas saber*. [UNICEF]. <https://www.unicef.org/es/historias/agua-hambre-cosas-que-necesitas-saber>

Zafra, C. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS ingenierías*. 19, (1), 15-24. <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768131002/html/>