

ESTUDIO DE POTABILIZACIÓN PARA LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA POTREROS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL, RISARALDA.

Study of drinking water for water supply of aqueduct of the sidewalk “Potreros” in the municipality of Santa Rosa de Cabal, Risaralda.

Juan Alejandro Carmona Gómez¹, Marcela Giraldo Patiño²

Escuela de Química, Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
Correo-e: jualcarmona@utp.edu.com¹, margiralpa@utp.edu.co²

Resumen— En Colombia el recurso hídrico es uno de los más abundantes, por esta misma razón las poblaciones desde los inicios han realizado asentamientos alrededor de quebradas y ríos, pero el uso inadecuado del mismo ha llevado a establecer normas para que la salud y el medio ambiente no se vean afectados. Basados en la normatividad Colombiana, se realizan análisis al agua que abastece una Vereda Ubicada en Santa Rosa de Cabal, Risaralda y se presentan soluciones físicas y químicas a las problemáticas del sector con respecto a la potabilización de agua de este acueducto comunitario.

Palabras clave— Agua, potabilización, normatividad, acueducto comunitario.

Abstract— In Colombia, water is one of the most abundant resources. This has led to settlement of populations around streams and rivers. However, the misuse and pollution of this resources resulted in standards being set to minimize the effects on health and environment. Following Colombian regulations, water analysis is being done from a section which supplies a sidewalk located in Santa Rosa de Cabal, Risaralda. Based on the findings, water purification solutions are being created for this community aqueduct.

Key Word —Water, purification, regulations, community aqueduct.

I. INTRODUCCIÓN

La Vereda Potreros se encuentra dentro de la zona 5 del municipio de Santa Rosa de Cabal, definida en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio como “VIA SECTOR TERMALES SAN VICENTE”, la cual está delimitada desde el punto denominado las partidas hacia el norte de la vía que del casco urbano conduce hacia el sector de los Termales.

La población de la vereda está definida y desagregada por género de la siguiente manera:

N° Viviendas	N° Hombres	N° Mujeres	Total Hom. y Muj.
85	190	90	280

Tabla 1. Población desagregada por género.(3)

El acueducto comunitario de la vereda se abastece del agua de la quebrada Santa Ana, la cual es tomada a través de una bocatoma ubicada en la cuenca de la quebrada y que consta de un tanque desarenador y un tanque de cloración a lo largo de su recorrido.

Generalmente, realizar la caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas destinadas al consumo humano es sumamente útil, pues se requiere conocer estos parámetros para emitir un juicio sobre la calidad del agua que está siendo consumida por los habitantes y de esta manera seleccionar los procesos de potabilización adecuados para el tipo de agua de cada sector, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, las características de producción que debe cumplir la fuente para el abastecimiento que se requiere, la protección que debe suministrarse a este recurso y otros aspectos adicionales. (10)

Los resultados que se obtengan de los parámetros medidos deben ser estudiados y puestos en contexto con respecto a la identificación de un problema de salud pública, puesto que si el agua no es de buena calidad y no cumple con las normas establecidas para agua potable, debe prohibirse su consumo para disminuir el riesgo de adquisición de enfermedades en la población; no menos importante debe tenerse en cuenta el cuidado del medio ambiente o del bienestar social en general.

La propuesta de potabilización de agua otorgada, debe dar solución a los problemas identificados, mediante la construcción de una planta nueva, la ampliación o la rehabilitación de la existente. Así, los análisis microbiológicos y fisicoquímicos permitirán establecer una propuesta de implementación de tratamientos al agua con el fin de mejorar

los parámetros necesarios para cumplir los valores establecidos en la resolución 2115 de 2007 (Colombia), 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 Colombia.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Tabla 2. Características físicas en el agua.(8)

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Cadmio	Cd	0,003
Cobre	Cu	1,0
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01

Tabla 3. Características químicas en el agua.(8)

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10

Tabla 4. Características con implicaciones sobre la salud humana.(8)

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Dureza Total	CaCO ₃	300
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Tabla 5. Características con implicaciones económicas.(8)

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Tabla 6. Límites microbiológicos en el agua.(8)

II. CONTENIDO

1. METODOLOGÍA

Convenciones:

SM: Standar Methods

1.1 Determinación de turbiedad, método SM: 2130 B Nefelométrico:

Volumen de muestra: 25 mL

Usando como blanco agua grado HPLC (Cromatografía líquida de alto rendimiento) se ajusta el valor de cero en el turbidímetro y se realiza la lectura directa de la turbiedad en unidades NTU.

1.2 Determinación de color, método SM: 2120 C Color aparente y verdadero:

Volumen de muestra: 25 mL

El color aparente se define por comparación con soluciones de platino-cobalto.

1.3 Determinación de pH y temperatura, método SM: 4500 H⁺-B Electrométrico:

Por medio del medidor de pH, antes calibrado correctamente, se lee directamente la temperatura y el pH del agua en el momento del análisis.

1.4 Dureza total, método SM:2340 C Titrimétrico-EDTA (11):

Volumen de muestra: 25 mL

Cantidad de negro de eriocromo (indicador): 0,05 g

Toda la vidriería se lava con jabón alcalino para eliminar interferencias.

A la cantidad de muestra respectiva se adiciona 1 mL de solución tampón para ajustar el pH. Se adiciona indicador y de inmediato se inicia titulación con EDTA (ácido etilendiamino tetraacetico) hasta obtener como punto final un color azul rey.

1.5 Alcalinidad total,método SM: 2320 B. Titulométrico (11)

Volumen de muestra: 50 mL

Utilizando el medidor de pH, se inicia titulación gota a gota con ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,01 N hasta obtener un valor final de pH de 4,5.

1.6 Determinación de Cloruros, método SM: 4500 Cl⁻ Argentométrico(5):

Volumen de muestra: 25 mL

Volumen de K₂CrO₄(indicador): 0,5 mL

Tomando el respectivo volumen de muestra se adiciona el indicador y se inicia la titulación con nitrato de plata (AgNO₃) hasta obtener como punto final un color rojo ladrillo.

1.7 Determinación de Fosfatos, método SM: 4500-P D Cloruro Estañoso (5)

Volumene muestra: 50 mL

Toda la vidriería se lava con jabón libre de fosfatos y se eliminan interferencias con ácido clorhídrico (HCl) 10% adicionado por las paredes de los recipientes.

Tomando la respectiva cantidad de muestra se añaden 2 mL de solución de molibdato de amonio y 5 gotas de cloruro estañoso. Se procede a medir en el espectrómetro antes de 10 minutos para evitar la degradación de la muestra. Longitud de onda: 690 nm.

1.8 Determinación de Nitratos, método SM: 4500-NO₃⁻ B Espectrofotométrico Ultravioleta(12)

Volumen de muestra: 25 mL

Toda la vidriería se lava con ácido sulfúrico diluido (H₂SO₄) para eliminar interferencias.

Se mide la cantidad de muestra correspondiente y se agregan 0,5 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1N, se procede a medir de inmediato a una longitud de onda de 220 nm y 275nm.

Nota: Debido a la materia orgánica disuelta, se hace lectura a una longitud de onda de 275 nm y se resta al valor de 220 nm para evitar resultados erróneos.

1.9 Determinación de Nitritos, método SM: 4500 A-B.NO₂⁻ Colorimétrico(6)

Volumen de muestra: 20 mL

Toda la vidriería se lava con ácido sulfúrico diluido (H₂SO₄) para eliminar interferencias.

Al volumen de muestra especificado se adiciona 1 mL de reactivo colorante y se deja en reposo desarrollando el color durante 30 minutos, se procede a realizar la lectura a una longitud de onda de 543 nm.

1.10 Determinación de Sulfatos, método SM: 4500-SO₄²⁻ E Turbidimétrico (13):

Volumen de Solución buffer: 5 mL

Cantidad de Cloruro de Bario: 0,2 g

Se toma el volumen de muestra respectivo, posteriormente se adiciona solución buffer y se realiza una lectura inicial en el turbidímetro; agitando lentamente durante 1 minuto se adiciona Cloruro de Bario y se mide la turbiedad final.

1.11 Coagulación, método prueba de jarras:

Volumen de muestra: 500 mL

Se toman 6 recipientes de 1000 mL cada uno y se mezcla la cantidad correspondiente de muestra con una solución de Sulfato de Aluminio 5% (Al₂(SO₄)₃). La dosificación ascendente en cada recipiente es 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 y 4.0 mL de forma que la concentración de Al₂(SO₄)₃ en cada uno es de 15, 20, 25, 30, 35 y 40 mg/L.

1.12 Caracterización microbiológica, método SM: 9222 H Filtración por Membrana (FM)(9):

Con el mechero encendido y el material previamente esterilizado, se toma un filtro de membrana y se coloca sobre la base del filtro. Mezclando bien, se adicionan 100 mL de muestra al vaso de filtración y se aplica vacío. Sacar la

membrana del filtro con pinza y colocarla sobre el medio de cultivo cromocult (preparado previamente), incubar a 37 °C por 24 horas.

1.13 Determinación de metales, método SM 3111D SM: 3030 F. Absorción Atómica Directo llama acetileno- óxido nítrico(4):

Volumen de muestra: 50 mL

La lectura se realiza de forma directa en el equipo de absorción atómica, teniendo como base las curvas preparadas previamente para cada lectura.

1.14 Determinación de Cloro, método SM: 4500- Cl G. Colorimétrico DPD:

Volumen de muestra: 100 mL

Se dosificaron distintas concentraciones de Hipoclorito de Sodio comercial (15,63%) como desinfectante, estimando sus concentraciones iniciales y su consumo en un periodo de dos horas. Para la medición de Cloro residual se tomó el respectivo volumen de muestra a la que se le adicionó 5 mL de solución tampón de fosfato y 5 mL de N,N-dietil-para-fenilendiamina (DPD); el titulante usado fue FAS 0,00297 N.

2. RESULTADOS

Convenciones:

LDD: Límite de detección de la técnica

NTU: Unidades nefelométricas

UPC: Unidades Platino - Cobalto

mg/L: miligramos por Litro

Muestra	TURBIEDAD DE LAS MUESTRAS (NTU)		COLOR DE LAS MUESTRAS (UPC)	
	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada
12/05/16	1,10	1,40	20,0	20,0
19/05/16	1,20	1,50	20,0	15,0
26/05/16	1,30	1,80	15,0	10,0
02/06/16	3,00	2,10	25,0	25,0
09/06/16	1,60	1,90	10,0	10,0

Tabla 7. Turbiedad inicial y color de las muestras sin ningún tipo de tratamiento.

Muestra	pH DE LAS MUESTRAS		TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS (°C)	
	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada
12/05/016	7,16	6,95	21,0	22,0
19/05/016	7,01	7,09	23,0	23,0
26/05/016	6,93	7,16	25,0	25,0
02/06/016	6,76	6,89	25,0	25,0
09/06/016	7,10	7,20	25,0	25,0

Tabla 8. pH y temperatura de las muestras

Muestra	DUREZA TOTAL (mg/L)		LDD
	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	69,7	55,4	24,5
19/05/016	84,1	84,1	
26/05/016	88,9	84,1	
02/06/016	84,1	62,6	
09/06/016	88,9	79,3	

Tabla 9. Resultados obtenidos para la dureza total del agua.

Muestra	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)		LDD
	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	9,30	7,20	1,91
19/05/016	17,5	13,4	
26/05/016	17,5	14,4	
02/06/016	13,4	13,4	
09/06/016	18,5	11,3	

Tabla 10. Resultados obtenidos para la alcalinidad total del agua.

DETERMINACIÓN DE CLORUROS (mg/L)			LDD
Muestra	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	11,5	< 8,47	8,47
19/05/016	10,4	12,5	
26/05/016	25,9	15,6	
02/06/016	31,0	20,7	
09/06/016	14,5	11,5	

Tabla 11. Resultados obtenidos para la determinación de Cloruros.

DETERMINACIÓN DE FOSFATOS (mg/L)			LDD
Muestra	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	< 0,12	< 0,12	0,12
19/05/016	< 0,12	< 0,12	
26/05/016	< 0,12	0,15	
02/06/016	< 0,12	< 0,12	
09/06/016	< 0,12	< 0,12	

Tabla 12. Resultados obtenidos para la determinación de Fosfatos.

DETERMINACIÓN DE NITRATOS (mg/L)			LDD
Muestra	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	0,57	0,69	0,08
19/05/016	0,67	0,40	
26/05/016	0,35	0,35	
02/06/016	0,37	0,40	
09/06/016	0,49	0,46	

Tabla 13. Resultados obtenidos para la determinación de Nitratos.

DETERMINACIÓN DE NITRITOS (mg/L)			LDD
Muestra	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	< 0,001	< 0,001	0,001
19/05/016	0,0018	0,0047	
26/05/016	0,0024	0,0038	
02/06/016	0,0047	0,0033	
09/06/016	0,0035	0,0027	

Tabla 14. Resultados obtenidos para la determinación de Nitritos.

DETERMINACIÓN DE SULFATOS (mg/L)			LDD
Muestra	Agua cruda	Agua tratada	
12/05/016	5,51	5,07	4,98
19/05/016	< 4,98	< 4,98	
26/05/016	< 4,98	< 4,98	
02/06/016	< 4,98	4,90	
09/06/016	< 4,98	< 4,98	

Tabla 15. Resultados obtenidos para la determinación de Sulfatos

PRUEBA DE JARRAS	
Muestra	Concentración mínima requerida de coagulante (ppm)
12/05/016	35
19/05/016	30
26/05/016	35
02/06/016	35
09/06/016	25

Tabla 16. Resultados de la coagulación del agua cruda.

CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA		
Muestra	Coliformes	Escherichia coli
12/05/016	Presencia	Presencia
19/05/016	Presencia	Presencia
26/05/016	Presencia	Presencia
02/06/016	Presencia	Presencia
09/06/016	Presencia	Presencia

Tabla 17. Resultados microbiológicos de agua.

Metales	Agua cruda (mg/L)		Agua tratada (mg/L)		LDD
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	
Cobre	< 0,42	< 0,42	< 0,42	< 0,42	0,42
Níquel	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	0,85
Cadmio	< 0,04	0,05	< 0,04	0,07	0,04
Plomo	< 0,03	< 0,03	0,04	0,03	0,03

Tabla 18. Resultados obtenidos para la determinación de metales en agua.

3. DISCUSIÓN

Como se mencionó al inicio del artículo, el acueducto comunitario capta el agua a través de una bocatoma ubicada en la cuenca de la quebrada, consta de un tanque de

dimensiones 1,5 m (ancho) x 7,0 m (largo) x 0,9 m (alto). A su vez, el tanque cuenta con una rejilla ubicada delante del tubo de captación y que retiene en primera instancia los sólidos más grandes. Una vez captada, el agua se desplaza mayoritariamente a nivel y con solo una pendiente a través de un tubo plástico de diámetro 3" 8 mm. El agua transportada llega a un pequeño desarenador de un solo módulo con el fin de sedimentar sólidos contenidos en ella.

Después de salir del desarenador descuelga hasta el tanque de cloración, donde reside dentro de un tanque y recibe una solución de cloro adicionada por un dosificador HAYWARD. Al dosificador se le suministra pastas de Cloro de 15 g. El tiempo de retención del agua en el tanque de cloración es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$t_R = \frac{V}{Q} = \frac{3781,25 L}{5,355 L/s} = 706,1157 s = 11,76 \text{ min} \quad \text{ec. 1}$$

Donde,

V = volumen de agua en el tanque (m³)

Q = caudal (m³/s)

El agua ya clorada es distribuida por un tubo madre de 2^{1/2"}.

Los valores obtenidos en los parámetros fisicoquímicos del agua muestran regularidad, y al ser comparados con los límites permitidos establecidos en la resolución 2115 de 2007 (Colombia) (Tablas 2, 3, 4, 5, 6) se encuentra que la calidad del agua analizada es aceptable en cuanto a este aspecto se refiere, pero en ciertos análisis que definen la potabilidad del agua se encuentran valores un poco mayores a los límites permitidos con lo cual se infiere que el agua aún no es apta para consumo humano.

Parámetros tan importantes como alcalinidad y dureza total no muestran mayores variaciones en sus resultados. La alcalinidad determina la capacidad del agua para neutralizar ácidos, y aportan a su valor sales de ácidos débiles, bases débiles o bases fuertes. De manera natural los bicarbonatos son grandes contribuyentes a la alcalinidad. La dureza por su parte está definida por todos los cationes metálicos no alcalinos presentes en el agua y que se presentan en forma de carbonatos. Las concentraciones de alcalinidad y dureza presentes en el agua de abastecimiento del acueducto explican porque el pH no marca valores muy altos. (11)

No obstante, a pesar de encontrar que la mayoría de los parámetros no sobrepasan los límites exigidos, si se observa que en algunos de ellos las concentraciones se encuentran un poco más altas en las muestras de agua tratada. Lo anterior puede atribuirse al tiempo transcurrido entre las tomas de muestras, pues la distancia entre el punto de muestreo de agua cruda y el punto de muestreo de agua tratada causaba una diferencia de 45 minutos aproximadamente, generando así tiempos distintos que impiden una exacta valoración del

cambio de concentraciones del agua en el transcurso del tratamiento.

Sin embargo, los valores de turbiedad y color en las muestras no se mantuvieron por debajo de los límites, lo que genera un inconveniente especialmente para el agua tratada que debe mantenerse idealmente entre los límites permitidos.

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). Es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. (1) La determinación de turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano ya que sirven para determinar 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. (2)

Por otra parte, las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente como el Al⁺³ o el Fe⁺³. Los coloides hidrofílicos reaccionan con el agua dando color a la misma. Por esta misma razón, los coloides hidrofílicos pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado en el proceso de tratamiento de agua. La remoción del color es una función del tratamiento del agua y se practica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento. (2)

Los parámetros que presentan mayor concentración en las muestras de agua tratada se ven muy influenciados por los terrenos que transitan, como es el caso del cadmio en el análisis de metales pesados que son componentes de la corteza terrestre. El aumento en estas concentraciones se atribuye en gran medida a la erosión de depósitos naturales o a tuberías que puede presentar corrosión. (1)

El sulfato por ejemplo, se presenta a concentraciones menores al límite de detección de la técnica debido a que la vereda Potrereros no se encuentra en zona minera; pues la minería puede contribuir con grandes cantidades de sulfatos, además como en el proceso actual no se aplica coagulante, las concentraciones de este parámetro son tan bajas que no se detectan fácilmente por el método comúnmente utilizado.

Los fosfatos por su parte, presentan concentraciones no detectadas por el método utilizado debido a que durante el recorrido de la quebrada Santa Ana no hay descarga de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales que puedan generar residuos de este tipo.(1)

En el caso contrario, los nitratos y nitritos varían según el terreno por el cual hace su recorrido el agua superficial, y en el caso del agua de la quebrada Santa Ana la concentración de nitritos es menor a la de nitratos ya que su presencia indica, por lo regular, procesos activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato.(12)

La temperatura, es otro indicador importante de la calidad del agua que apoya la hipótesis anterior, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.(1)

Los resultados obtenidos tras los análisis exigen realizar una calificación a la calidad del agua, para ello se estima el índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano (IRCA). Este índice se define mediante los valores establecidos de riesgo de las características físicas, químicas y microbiológicas mostradas a continuación.

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Color	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual	15
Alcalinidad	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Escherichia Coli	25
Dureza total	1
SUMATORIA	100

Tabla 19. Puntajes de riesgo para las características.(8)

$$IRCA \% = \frac{\Sigma IRCA \text{ en cada muestra}}{\text{total muestras}}$$

Con la ecuación se calcula el porcentaje:

MUESTRA	Puntaje de Riesgo
12/05/016	61
19/05/016	55
26/05/016	55
02/06/016	76
09/06/016	55
Total	302

Tabla 20. IRCA para cada muestra.

$$IRCA \% = \frac{302}{5} = 60,4\% = \text{Valor de Riesgo Alto}$$

Clasificación IRCA (%)	Valor de Riesgo
80,1-100	Inviabile sanitariamente
35,1-80	Alto
14,1-35	Medio
5,1-14	Bajo
0-5	Sin riesgo

Tabla 21. Definición de riesgo según el IRCA. (8)

Según lo establecido en la resolución 2115 de 2007 (Colombia) el índice de riesgo de calidad del agua es alto, por lo tanto es un agua no apta para consumo humano y requiere de un tratamiento específico principalmente en la desinfección y disminución de turbiedad y color.

En el caso particular del agua que abastece la vereda Potreros, se encuentra que los valores de color y turbiedad si bien sobrepasaron en algunas muestras los valores límites, no están muy alejados de estos, por lo que la disminución de estos parámetros (Color y turbiedad) podría realizarse con una buena sedimentación, apelando al concepto de partículas por caída libre; considerándose éstas cuando la concentración de partículas es pequeña, cada partícula sedimenta discretamente, como si estuviera sola, no siendo estorbadas por otras partículas. (7)

Por los resultados obtenidos, se puede prescindir de la adición de coagulantes a menos que la turbiedad y color aumenten considerablemente. La mejor alternativa será implementar un sedimentador de alta tasa, generando un tiempo de retención de 10 minutos y provisto de placas angostas con inclinación de 60° y con espacio entre estas de 5 cm. El tamaño del tanque se verá determinado por el caudal promedio y por el tiempo de retención deseado, por lo que el volumen podrá determinarse así:

$$V = Q * t_R = 5,355 \text{ L/s} * 600 \text{ s} = 3213 \text{ L} \quad \text{ec. 2}$$

Donde, Q es caudal y t_R es tiempo de retención.

Otra dificultad encontrada en el tratamiento actual que se realiza en el acueducto comunitario de la vereda Potrereros es la ineficacia de la desinfección del agua, pues se observó la ausencia de cloro residual tomado en campo para cada muestra y además en el análisis microbiológico se encontró presencia de Coliformes. La ineficacia de la desinfección tiene relación inmediata con la cantidad de Cloro que entra en contacto con el agua a tratar, pues seguramente esta requiere una mayor concentración de Cloro para la desinfección. La cantidad necesaria de cloro depende de la carga orgánica presente en el agua, y si los tratamientos previos no remueven una cantidad significativa de esta, se requerirá de más desinfectante.

Para estimar la cantidad que requiere el agua del acueducto se realizó la prueba de punto de quiebre, en la que las concentraciones de Cloro aplicado y residual se calcularon a partir de los volúmenes obtenidos de titulante con la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración cloro} = \frac{(V_{\text{titulante}})(N_{\text{FAS}})(35450)}{V_{\text{Muestra}}}$$

V_{titulante} = Volumen del titulante consumido (mL)
N_{FAS} = Normalidad del FAS 0,00297 equivalentes/L
V_{Muestra} = Volumen de muestra titulado (mL)

Dosis de cloro aplicada (mg/L)	Residual de cloro (mg/L)	Demanda cloro (mg/L)
1,2	0,3	0,9
1,9	1,3	0,6
2,9	2,1	0,7
5,6	4,0	1,6

Tabla 22. Resultados obtenidos para la demanda de cloro

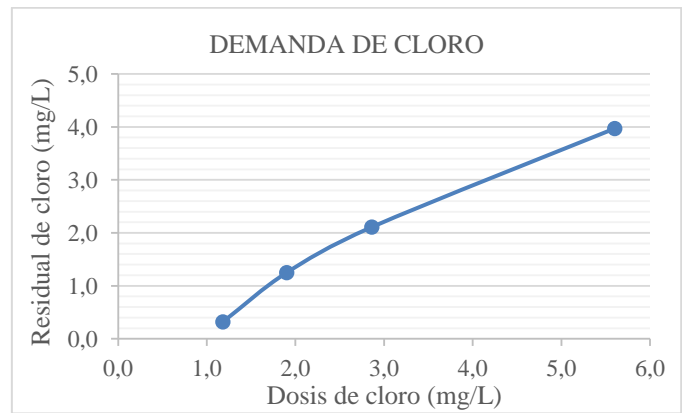


Imagen 1. Método de punto de quiebre para conocer la concentración de Cloro necesaria en el tipo de agua estudiada.

En la imagen 1 la curva presenta un crecimiento con tendencia lineal, comportamiento contrario al esperado, ya que se buscaba un punto de quiebre en la curva para definir la concentración necesaria de cloro. Lo anterior puede ser ocasionado por una baja interacción del cloro con el amoníaco y las aminas orgánicas, reduciendo la aparición de cloro combinado. Ante esta situación la dosis necesaria se obtuvo realizando el promedio de estas, teniendo en cuenta que los valores de demanda de cloro se encuentran cercanos, resultando así una concentración de 2,9 mg/L.

Tomando sesenta (60) segundos como el tiempo en el cual se hará adición de Hipoclorito de Sodio al tanque y el caudal de entrada del mismo, se obtiene la cantidad en litros que debe ser desinfectada:

$$5,355 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 60 \text{ s} = 321,3 \text{ L}$$

Concentración de Cloro a dosificar por minuto:

$$C_1 = \frac{(C_2)(V_2)}{V_1} = \frac{\left(3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) (321,3 \text{ L})}{0,05 \text{ L}} = 18635 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 1,86 \%$$

Donde,

C₂: Concentración de Hipoclorito de Sodio en el punto de quiebre

V₂: Volumen de agua en tanque a desinfectar en 1 minuto

C₁: Concentración de Hipoclorito de Sodio a dosificar por cada 321,3 L

V₁: Volumen de solución a preparar de Hipoclorito de sodio a dosificar por minuto.

III. CONCLUSIONES

- Físicoquímicamente el agua de la Vereda Potreros presenta características aceptables, con lo cual se infiere que la misma puede ser consumida para labores domésticas cotidianas.
- Ante la cercanía de las concentraciones de algunos metales nocivos con los límites permitidos para agua potable, es recomendable siempre calentar el agua hasta punto de ebullición (hervir) para evitar afecciones.
- Es aconsejable implementar un sedimentador de alta tasa, debido a que la turbiedad y el color del agua están fuera de los valores aceptables por la ley; pero no es necesario aplicar un tratamiento químico ya que los resultados no están lejanos de los límites permitidos.
- El agua que abastece a los habitantes de la Vereda Potreros necesita un tratamiento de desinfección para que pueda ser considerada como potable.
- La cantidad de Cloro aplicada es insuficiente para el caudal de agua que se maneja en el acueducto comunitario, por tal razón es necesario usar hipoclorito de Sodio comercial 15,63% (líquido) y a partir de este dosificar soluciones de 50 mL de hipoclorito de sodio con concentración de 1,86% cada minuto.

REFERENCIAS

1. **Barrenechea A.** Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua [Online]. *Trat agua para Consum humano Plantas Filtr rápida Man I teoría 1*: 2–56, 2004. <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>.
2. **Brito NV.** *Alternativas De Potabilizacion Para El Agua Que Abastecera a La Apliacion Del Aeropuerto Internacional De La Ciudad De Mexico*. 2007.
3. **CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA – CARDER.** *Plan de manejo del Parque Municipal Natural Campo Alegre*. 2013.
4. **Gaitan ME.** *Determinación de metales pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica*. Colombia: 2004.
5. **Guarin meza LO.** Estandarización De Las Técnicas De Fosfatos Y Cloruros En Aguas Crudas Y Tratadas Para El Laboratorio De La Asociación Municipal De Acueductos Comunitarios (Amac) En El Municipio De Dosquebradas. Universidad Tecnológica de Pereira: 2011.
6. **Lasso A.** Determinacion De Nitrito En Agua Por Espectrofotometría [Online]. <http://www.ideam.gov.co/>.
7. **Maldonado V.** Sedimentación [Online]. In: *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida*, p. 2 – 61. <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/siete.pdf>.
8. **Ministerio De Protección Social.** *Resolución 2115*. República de Colombia: 2007.
9. **Ramirez Aristizabal LE.** Análisis de Aguas. In: *Manual de Microbiología*. 2008, p. 73–83.
10. **República de Colombia, Ministerio de desarrollo económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico.** *Sistemas de potabilización Título C* [Online]. *Reglam. técnico del Sect. agua potable y Saneam. básico RAS 2000*. http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf.
11. **Rodriguez CH.** Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría [Online]. http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia_de_Monitoreo.pdf.
12. **Rodriguez CH.** Determinación de Nitratos en Aguas por Espectrofotometría [Online]. <http://www.ideam.gov.co/>.
13. **Rodriguez CH.** Sulfatos en Agua por método Nefelométrico [Online]. <http://www.ideam.gov.co/>.