

Comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano y demanda de agua en el acueducto Yamboró, Pitalito - Huila.

Maritza Cortes Enríquez

Ingeniera Ambiental, Instructor del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – SENA,
E-mail: maritzacortes@misena.edu.co

Martha Adriana Peña Torres

Química, E- mail: mapenat@misena.edu.co, Yureiny Daniela Tovar Anacona,
Aspirante al título de Tecnólogo en Control Ambiental,
Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – SENA,
E-mail: yureinytovar@gmail.com

María Fernanda Calderón Enciso

Aspirante al título de Tecnólogo en Control Ambiental,
Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – SENA,
E-mail; mariafcalderon1999@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un estudio del comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) para consumo humano y demanda de agua en el acueducto que abastece la sede Yamboró del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano. Se tomaron muestras de agua potable en tres puntos y muestras de agua cruda en la entrada de la planta de tratamiento de agua potable, se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para hallar el IRCA, el cual permite ponderar parámetros asignándole un puntaje de riesgo. En cuanto a la demanda de agua se tomó registró en el micromedidor de las siete unidades productivas y un macromedidor con el fin de llevar control del consumo de agua potable para analizar y determinar la demanda mensual y anual por unidad. Se determinó que el 90% de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados cumplen con el valor máximo permisible por la resolución 2115 del 2007 y el 10% que hace referencia a los parámetros dureza y aluminio sobrepasan los valores permisibles, sin embargo, no afecta el resultado del índice de riesgo de la calidad de agua. En cuanto a la demanda de agua para el periodo 2019, el

consumo total fue de 4438,3 m³, y la unidad productiva que presentó mayor consumo fue el área de Pecuaria con 870,9 m³ y el menor consumo fue en Biocabaña con 57,5 m³.

Palabras claves: Calidad de agua, Demanda de agua, Análisis fisicoquímico, Agua Potable

ABSTRACT

A study was carried out on the behavior of the water quality risk index (IRCA) for human consumption and water demand in the aqueduct that supplies the Yamboró headquarters of the Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano. Drinking water samples were taken at three points and raw water samples at the entrance of the drinking water treatment plant, physicochemical and microbiological parameters were evaluated to find the IRCA, which allows weighting parameters by assigning a risk score. Regarding the demand for water, it was recorded in the micrometer of the seven production units and a macrometer in order to control the consumption of drinking water to analyze and determine the monthly and annual demand per unit. It was determined that 90% of the analyzed physicochemical and microbiological parameters comply with the maximum permissible value by resolution 2115 of 2007 and 10% that refer to the hardness and aluminum parameters exceed the permissible values, however, it does not affect the result of the water quality risk index. Regarding the water demand for the 2019 period, the total consumption was 4438.3 m³, and the productive unit that presented the highest consumption was the Livestock area with 870.9 m³ and the lowest consumption was in Biocabaña with 57.5 m³.

Keywords: Water quality, Water demand, Physicochemical analysis, Drinking water

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico para la vida de los seres humanos, las plantas y los animales. Es, además, imprescindible para el desarrollo de la agricultura e industria de un país, por tanto, su escasez o abundancia determinan el potencial productivo de una región. Sin embargo, son los seres humanos quienes más inciden en la calidad y disponibilidad del agua, pues a medida que las poblaciones crecen, la necesidad de abastecimiento es mayor y al mismo tiempo la cantidad apta para el consumo disminuye (Fajardo & Gutiérrez, 2019).

Las enfermedades que presentan las personas actualmente, como, por ejemplo: la diarrea, infección estomacal y en muchas ocasiones la muerte, se debe a la alta contaminación generada por actividades naturales y antrópicas que perjudican las fuentes hídricas naturales en el mundo (Vidal & Mendoza, 2018). Debido a la necesidad

de eliminar los contaminantes que afectan la salud humana, se ha adoptado por realizar el proceso de potabilización de agua el cual consiste en eliminar aquellas partículas contaminantes que afecta la calidad del recurso y a la misma vez al ser humano, este método se realiza mediante un proceso de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o desinfección (López, 2016).

Los programas sobre los impactos humanos en las fuentes de agua y los problemas asociados a su gestión; la conciencia, el compromiso y la responsabilidad ambiental han aumentado notoriamente; en especial relacionado con el uso eficiente y la reducción del consumo de agua; no obstante, esta respuesta al problema parte de una visión parcial del uso del recurso, que no incluye el agua consumida en la cadena de producción y suministro que es utilizada directa e indirectamente para la producción de bienes y servicios de consumo cotidiano (Arévalo, et al., 2011).

El Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, sede Yamboró, es un centro que brinda formación técnica y tecnología a más de 700 personas, por esta razón se ve en la necesidad de evaluar el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) del acueducto que abastece a todas las áreas de la sede, lo cual nos permite tener un diagnóstico del comportamiento de la calidad del agua y así mismo conocer el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable, evitando así afectaciones en la salud de los usuarios del acueducto Yamboró y por ende, evaluar la demanda de agua que se genera en el centro de formación.

Para evaluar la calidad de agua que abastece al centro de formación, se tomaron muestras de agua cruda y potable y se le realizaron análisis físicoquímicos y microbiológicos, determinando parámetros como cloro residual, acidez total, alcalinidad, turbiedad, pH, conductividad, fosfatos, aluminio, cloruros, mesófilos, coliformes fecales y coliformes totales, de acuerdo a la resolución 2115 del 2017 en donde establece los instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano; así mismo, se evalúa la demanda de agua tomando registros diarios en el periodo del 2019, sacando promedios mensuales con el objetivo de obtener el consumo mensual de cada área para llevar un control de consumo tomando como base el RAS 2000 donde establece el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.

Se ha optado por evaluar el comportamiento del índice de riesgo de calidad de agua potable para consumo humano (IRCA) y demanda de agua en la red de distribución del acueducto Yamboró, debido a la problemática de contaminación y disminución en cuanto al caudal que presenta la quebrada seca en el periodo del año 2019, con el fin de evitar enfermedades o complicaciones en la salud de los usuarios del acueducto Yamboró, así mismo impedir la obstrucción en los procesos y actividades de formación

debido a la falta de suministro de agua potable ya sea para consumo o para el desarrollo de las actividades diarias.

Por tal motivo se ha optado por realizar procesos de potabilización y evaluación del índice de riesgo de la calidad y consumo del agua, con el fin de identificar las causas que afectan la calidad y demanda de agua presente en el acueducto Yamboró; formulando así estrategias de educación ambiental con el fin de minimizar el consumo del recurso hídrico y contribuir con la protección, conservación y calidad de la fuente abastecedora del acueducto, ya que presenta baja variación en cuanto a su caudal, lo cual nos puede llevar al punto de sufrir desabastecimiento de agua en todo el centro de formación, causando restricciones en los procesos de formación. El objetivo de este estudio fue determinar el índice de riesgo de calidad de agua potable para consumo humano (IRCA) y demanda de agua en la red de distribución del acueducto Yamboró.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: El área de estudio fue en la sede Yamboró del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, el cual está ubicado en el municipio de Pitalito, km 7 vereda Aguadas con una altitud de 11°53'32,188" N, longitud de 76°05'22,005" O y con 1.359 msnm. Las muestras de agua se tomaron en tres unidades productivas del Centro de Formación (Gastronomía, Escuela Nacional de la calidad del café y Planta de tratamiento de agua potable), las cuales se analizaron en el laboratorio de aguas y suelos de la sede Yamboró del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – Sena Pitalito.

Análisis fisicoquímico y microbiológico: Se utilizaron dos factores: análisis fisicoquímico y microbiológico para determinar el comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua y análisis del consumo para determinar la demanda de agua en el acueducto Yamboró.

Para poder obtener resultados del comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua del acueducto Yamboró, se tomaron muestras de 1000 y de 500 mL de agua en los hidrantes de gastronomía, filtro gastronomía y grifo de la Escuela Nacional de la calidad del café (ENCC) y una muestra de agua cruda la cual se tomó en la entrada de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del acueducto Yamboró; este proceso se realizó mensualmente durante todo el año del 2019. Luego se llevaron al laboratorio de aguas y suelos donde se realizaron los respectivos análisis. Se realizaron análisis fisicoquímicos a las muestras de agua potable y cruda evaluando 6 parámetros físicos y 12 químicos (Tabla 1), mediante la utilización de kit y equipos necesarios para llevar a cabo la obtención de datos de cada parámetro.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos evaluados y métodos utilizados.

Parámetro	Equipo y unidades	Método de determinación
pH	Potenciómetro HANNA HI 8424/ Unidades de pH	Electrométrico
Conductividad	Conductímetro HANNA HI 98311/ uS/cm	Electrométrico
Acidez total	Test HANNA HI 3820/(mg CaCO ₃ /L)	Volumétrico
Alcalinidad total	Test M Colortest TM 1.11109.0001/(mg CaCO ₃ /L)	Volumétrico
Dureza	Test M colortest TM 1.08047.0001/(mg CaCO ₃ /L)	Volumétrico
Calcio	Test M Colortest TM 1.11110.0001/(mg Ca/L)	Volumétrico
Fosfatos	Test M Colortest TM 1.18394.0001/(mgPO ₄ ⁻³ /L)	Colorimétrico
Nitritos	Test M Colortest TM 1.14408.0001/(mg NO ₂ /L)	Colorimétrico
Nitratos	Test M Colortest TM 1.18387.0001/(mg NO ₃ /L)	Colorimétrico
Hierro	Test Microquant 1.14759.0001/(mg Fe /L)	Colorimétrico
Aluminio	MColortest TM 1.14413.001/(mg/L Al)	Colorimétrico
Sulfatos	M Colortest TM 1.14411.0001/(mg/L SO ₄ ⁻²)	Colorimétrico
Cloro libre	M Colortest TM 114978/(mg Cl ₂ /L)	Colorimétrico
Cloruros	M Colortest TM 1.11106.001/(mg Cl ⁻¹ /L)	Volumétrico

Nota: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de los 18 parámetros evaluados se registraron en un formato manual, para luego tabular de forma digital teniendo así registro y control de los datos de todo el año del 2019.

Análisis microbiológicos. Los análisis microbiológicos que se analizaron fueron coliformes totales, coliformes fecales y mesófilos; estos análisis se realizaron mediante la cabina de extracción con el objetivo de no alterar el proceso ya que esta nos permite proteger los medios de cultivo de contaminación directa e indirecta.

Como primer paso se realizó el alistamiento de los materiales tanto para el proceso de siembra como para la toma de muestra de agua potable y cruda como frascos de muestra, embudo de filtración, pinzas para membrana, agua destilada estéril, puntas para pipeteador Handy step y cajas de Petri los cuales se forraron con papel craft y se esterilizaron para eliminar agentes patógenos presentes.

Para la toma de muestras fue necesario realizar una desinfección a cada uno de los grifos

de los puntos de muestreo, la cual consistió en aplicar alcohol y frotar con algodón toda el área de la llave para luego encenderlo con brikey (mechero o fósforo) durante un tiempo de 3 minutos con el objetivo de eliminar cualquier contaminante presente. Posteriormente, se procedió a tomar 3 muestras de agua por cada punto de muestreo en frascos estériles de 100 mL y para la desinfección del laboratorio se utilizó alcohol industrial al 96% e hipoclorito de sodio al 15% realizando aseo al laboratorio en su totalidad.

Teniendo las muestras de agua listas y el laboratorio desinfectado, se llevó a cabo el proceso de siembra microbiológica, se realizó el alistamiento de los materiales anteriormente mencionados, ya esterilizados empleando tapabocas, guantes de látex, cofia y mechero. Para el desarrollo de la siembra se utilizó el método de filtración por membrana que consiste en que la muestra de agua se hace pasar mediante vacío por un filtro de celulosa de 0,45 micras de tamaño de poro, para que queden retenidas en él las bacterias de tipo coliformes y las mesófilas. El filtro es colocado en un medio de cultivo específico para lo que se desea determinar en la muestra (coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*) y microorganismos mesófilos, los cuales fueron incubados a 37

Tabla 2. Medios de cultivo a evaluar en la siembra microbiológica.

Medios de cultivo	Especificidad	Coloración del medio	Condiciones de incubación
ENDO	Coliformes totales y <i>E. coli</i>	Rojo	18 a 24 horas a 37 °C
Standard TTC	Microorganismos Mesófilos.	blanco	18 a 24 horas a 37 °C
MFC	Coliformes fecales (<i>E. coli</i>) .	violeta -azul	22 a 24 horas a 44 °C

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los análisis físicoquímicos y microbiológicos del periodo del 2019, fue necesario realizar el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, establecido en la resolución 2115 del 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, para ello se tuvo en cuenta el puntaje de riesgo asignado a cada parámetro de tal caso que no cumpliera con los valores máximos aceptables como se observa la tabla 3.

Tabla 3. Puntaje de riesgo por cada parámetro.

Características	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Nota: Tomado de Resolución 2115 del 2007

Para realizar el cálculo del índice de riesgo de la calidad de agua se utilizó la siguiente fórmula:

IRCA por muestra:

$$IRCA = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

Análisis del consumo de agua potable durante el periodo del 2019: Para poder obtener el resultado del consumo de agua potable durante el periodo del 2018, se realizó registro del consumo dos veces al día (mañana y tarde) a los 7 micromedidores correspondientes a las unidades: área Sennova, Escuela Nacional de la calidad del café, gastronomía, agroindustria, laboratorios, biocabaña, pecuaria y al macro medidor instalado en el tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto Yamboró, con el objetivo de recolectar los datos del consumo por mes e ir registrando en la bitácora de la planta de forma física; los cuales son tabulados y graficados en Excel al finalizar el periodo de estudio, analizando así el consumos de cada mes del año 2019.

RESULTADOS

La tabla 4 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al agua potable de la sede Yamboró, las cuales fueron tomados en el hidrante de gastronomía, Escuela de café y filtro de gastronomía donde se evaluaron 21 parámetros, observando que el 90% cumplen con el valor admisible y el 10% que hace referencia a los parámetros de dureza total y aluminio no se encuentran dentro del rango del valor admisible según la resolución 2115 del 2007. Mientras que la tabla 5 muestra los resultados de los análisis realizados al agua cruda, la cual fue tomada en la entrada de la planta de tratamiento de agua potable de la sede Yamboró, observando que el 99% de los resultados son inferiores a los valores permisibles establecidos en el decreto 1594 del 1894 por la cual se reglamenta parcialmente el uso del agua y residuos líquidos y el 1% que hace referencia al parámetro de turbiedad sobrepasa el valor admisible en el último análisis realizado, debido a las altas precipitaciones presentes en la zona de la microcuenca abastecedora del acueducto Yamboró.

Tabla 4. Resultados de parámetros analizados al agua potable del acueducto Yamboró.

PARAMETROS	Escuela Nacional de la Calidad del café H2O potable					Gastronomía H2O potable					Filtro Gastronomía H2O potable					VR ACEPTABLE RES 2115/2007
	N° ANALISIS					N° ANALISIS					N° ANALISIS					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. ANALISIS FISICOQUIMICOS																
Cloro Residual (mg/L CL2)	0,6	1,5	2	1,5	1,8	1	1,5	2	1,5	1,8	*	*	*	*	*	0,3-2
Olor y sabor	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ACEPTABLE
Color aparente (U.P.C.)	0	0	0	5	0	0	0	0	5	2,32	0	0	0	0	0	20
Turbiedad (U.N.T)	0,09	0	0,98	0	0	0,19	0	1,43	0,22	0	0	0	1,43	0	0	2
Conductividad (µs/cm)	349	316	302	312	355	150	272	264	302	359	148	335	290	339	337	1000
PH	6,96	7,69	7,8	7,83	8,06	7,92	7,74	8,03	7,76	8,06	7,62	7,52	7,66	7,6	7,7	6,5-9,0
Temperatura (°C)	23,6	21	21	18	21	23,9	21	21	19,6	21	23,9	20	20	19,6	20	<40
Alcalinidad total (mg CaCO3/L)	195	134	61	250	180	134	49	110	159	135	79	110	37	159	150	200
Dureza total (mg CaCO3/L)	150	360	260	210	300	360	330	230	200	300	300	340	200	110	300	300
Calcio (mg Cl/L)	50	34	38	41	52	40	30	34	41	56	40	26	40	41	60	60
Cloruros (mg Cl/L)	6	15	20	29	30	26	15	10	19	30	18	16	26	29	30	250
Fosforo Total (mg P/L)	0,08	0,030	0,06	0,03	0,030	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,015	0,03	2,5
Fosfatos (mg PO4/L)	0,25	0,09	0,18	0,09	0,09	0,09	0,09	0,18	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,046	0,09	0,5
Sulfatos (mg SO4/L)	0	80	80	300	0	80	80	80	110	0	110	50	25	80	0	400
Nitritos (mg NO2/L)	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0	0,005	0,1
Nitratos (mg NO3/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	10
Aluminio (mg Al/L)	0,35	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07	0,07	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0	0,2 - 0,3
Hierro (mg Fe/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
2. ANALISIS MICROBIOLÓGICO																
Microorganismos mesofilos (U.F.C./100 ml)	6	7	7	0	60	1	9	0	0	0	3	85	85	0	6	<100
Coliformes totales (U.F.C./100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli (U.F.C./100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Elaboración propia

Tabla 5. Resultados de los parámetros analizados de agua cruda

Parámetros	Entrada Planta de tratamiento de agua potable muestra agua cruda					Valor Aceptable Decreto 1594/198.
	Nº análisis					
	1	2	3	4	5	
1. Análisis Fisicoquímico						
Olor y sabor	A	A	A	A	A	Aceptable
Color aparente (U.P.C.)	20	0	15	15	25	75
Turbiedad (U.N.T)	7.2	2.09	8.67	1.47	2.03	2
Cconductividad (µs/cm)	131	262	263	313	278	1000
pH	7.96	8.14	8.22	7.83	8.13	5,0-9,0
Temperatura (°C)	21	21	21	16.8	21	<40
Alcalinidad total (mg CaCO/L)	115.94	122	85.68	189	100	200
Dureza total (mg CaCO/L)	270	200	230	270	300	800
Cloruros (mg Cl/L)	6	16	0.4	12	0.4	250
Calcio (mg Cl/L)	46	36	42	52	56	60
Fosfatos (mg PO/L)	0.18	0.25	0.09	0.18	0.18	0.5
Sulfatos (mg SO/L)	120	110	110	140	110	400
Nitritos (mg NO/L)	0	0.005	0.005	0	0.012	1
Nitratos (mg NO/L)	0	0	0	3	0	10
Aluminio (mg Al/L)	0	0.07	0.07	0	0.07	0.2
Hierro (mg Fe/L)	0	0	0	0	0	0.3
Fosforo total (mg P/L)	0.06	0.08	0.03	0.06	0.06	2.5
2. Análisis microbiológico						
Microorg Mesofilos (U.F.C./100ml)	11100	10000	10000	1600	12000	-----
Coliformes Fecales (U.F.C./100 ml)	5200	2400	2400	400	2700	20000
<i>Escherichia Coli</i> (U.F.C./100 ml)	760	130	130	90	65	2000

Promedio de los análisis de agua potable y cruda: La tabla 6 muestra el promedio de los parámetros analizados de todas las muestras de agua potable de los diferentes puntos de muestreo, los cuales arrojan resultados inferiores a los valores máximos permisibles, por ende, el proceso de potabilización que se realiza en la planta de tratamiento de agua potable de la sede Yamboró es el adecuado, ya que cumple con lo recomendado por la resolución 2115 del 2007.

Tabla 6. Promedio general por parámetro de los análisis realizados al agua potable.

Parámetros	Unidades	Promedio
Cloro residual	mg/L Cl ₂	1,52
Olor y sabor	Aceptable	A
Color aparente	U.P.C.	0,82
Turbiedad	U.N.T	0,28
Conductividad	µs/cm	295
pH		7,73
Temperatura	°C	20,97
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	129,46
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	263
Calcio	mg Cl/L	41,53
Cloruros	mg Cl/L	21,26
Fosforo total	mg P/L	0,04
Fosfatos	mg PO ₄ /L	0,11
Sulfatos	mg SO ₄ /L	92,19
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,002
Nitratos	mg NO ₃ /L	0,6
Aluminio	mg Al/L	0,07
Hierro	mg Fe/L	0
Microorganismos Mesofilos	U.F.C./100 ml	17,9
Coliformes totales	U.F.C./100 ml	0
<i>Escherichia Coli</i>	U.F.C./100 ml	0

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 7 se puede observar el promedio de los resultados analizados al agua cruda, presentado en su gran mayoría valores admisibles de acuerdo al decreto 1594 del 1894.

Tabla 7. Promedio general por parámetro de los análisis realizados al agua cruda.

Parámetros	Unidades	Promedio
Olor y sabor	Aceptable	A
Color aparente	U.P.C.	15
Turbiedad	U.N.T	44,48
Conductividad	µs/cm	249,4
pH		8,056
Temperatura	°C	20,16
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	122,5
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	254
Cloruros	mg Cl/L	6,96
Calcio	mg Cl/L	46,4
Fosfatos	mg PO ₄ /L	0,18
Sulfatos	mg SO ₄ /L	118
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,004
Nitratos	mg NO ₃ /L	0,6
Aluminio	mg Al/L	0,42
Hierro	mg Fe/L	0
Fósforo total	mg P/L	0,04
Microorganismos mesofilos	U.F.C./100 ml	8940
Coliformes totales	U.F.C./100 ml	2620
<i>Escherichia Coli</i>	U.F.C./100 ml	235

Nota. Elaboración propia.

IRCA

Estudiando las muestras de agua cruda se puede observar que el IRCA nos da como resultado un valor mínimo de 0% y un máximo de 25%. Por el contrario, los resultados del IRCA en agua potable el valor mínimo es de 0% y el máximo de 1,3%, (tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje del índice de riesgo de la calidad de agua potable y cruda (IRCA).

Mes	Agua Cruda	Agua Potable Gastronomía	Agua Potable Filtro G*	Agua Potable ENCC**
1	20,8%	1,3%	0,0%	0,0%
2	20,7%	1,3%	1,3%	1,3%
3	19,5%	0,0%	0,0%	0,0%
4	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%
5	25%	0,0%	0,0%	0,0%

* Agua Potable Filtro Gastronomía. ** Agua Potable Escuela Nacional de la Calidad del Café**

Nota: Elaboración propia.

Análisis del consumo de agua potable.

La tabla 9 muestra el consumo de agua potable en la sede Yamboró para el periodo 2019, el consumo total fue de 4438,3 m³, a nivel general el mes que presentó mayor consumo de agua fue en mayo con 535 m³ debido a la incidencia de fugas en la red de distribución y el menor consumo es en junio con 351,8 m³ esto se debe a la implementación de estrategias de uso eficiente del recurso hídrico. En cuanto a las unidades productivas se presentó mayor consumo en el área de pecuaria con 870,9 m³ y el menor fue en Biocabaña con 57,5 m³; y el consumo en las demás áreas fue Sennova 447, 2 m³, Gastronomía 824,9 m³, Escuela del Café 603,4 m³, Agroindustria 154,4 m³ y Laboratorios 75,5 m³. El índice de agua no contabilizada corresponde a 31,64%.

Tabla 9. Datos de consumo de agua potable unidades de la sede Yamboró periodo del 2019.

Unidades productivas	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Consumo anual (m ³)
Área SENNOVA				71,4	45,2	45,3	95,6	65,8	71,2	52,6	447,2
ENCC		74,1	84,8	83,1	45,5	69,8	75,9	55,3	56,7	58,2	603,4
Gastronomía		11	79,1	4	73,4	66	98	90,6	101,1	84,5	824,9
Agroindustria	10,8	4	15,1	18,5	7,2	16,6	16,4	13,9	19,3	23,2	154,4
Laboratorios			7,4	7,8	5,2	12,6	20	9,5	7,1	5,9	75,5
Biocabaña	8,1	5,2	12,3	7	4,3	3,8	4,2	3,2	6,5	3,2	57,8
Pecuaria		60,4	88,1	107	68	98	68,2	80,0	133	4	870,9
Total mes	71,8	26	286,8	415,2	248,8	312,1	378,3	318,4	394,9	343,0	3034,2
Consumo total sede Yamboró	385,3	431	449,8	534,9	351,8	427,1	480,6	424,2	513,3	440,5	4438,3

Nota: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La dureza en el agua es un indicador que influye en el tratamiento de agua potable, ya que presenta sabores desagradables debido a concentraciones de sales presentes en el agua. De acuerdo a los resultados obtenidos en algunos de los 5 análisis de cada punto de muestra variaron entre 340 y 360 mg CaCO_3/L ; superiores al valor admisible de 300 mg CaCO_3/L , sin embargo, la mayoría de los resultados correspondientes a la variable dureza fueron inferiores al valor permisible, considerando que el agua se clasifica como agua muy dura según la clasificación de la Organización mundial de la salud (OMS). Los resultados obtenidos en los análisis realizados tienen una similitud con los datos expuestos por Pérez (2010) en la red de distribución de Yopal en cuanto a la variación en su comportamiento.

El aluminio tiene un rango establecido de 0,2 a 0,3 (mg Al/L) según la resolución 2115 del 2007, observado que la mayoría de los análisis realizados en las diferentes muestras se obtuvo un resultado estándar de 0,07 (mg Al/L) cumpliendo así con el valor máximo permisible, sin embargo podemos observar que en el primer análisis de la muestra de agua de la Escuela del café presentó un resultado de 0,35 (mg Al/L) superando el valor máximo permisible, esto se debe a la alta dosificación de coagulante aplicado en el proceso de tratamiento de potabilización del agua. Pérez (2010) en la red de distribución de Yopal, también encontraron valores estándar. De acuerdo a los criterios evaluados en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, se determinó que los parámetros que sobrepasan los valores admisibles son dureza total y aluminio, incidiendo el aumento del resultado del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA).

Analizando las muestras de agua cruda y potable se puede observar que se presentó un descenso en cuanto a los resultados de agua potable en comparación al agua cruda obteniendo una remoción del 100% de la carga contaminante, debido a que se realiza un proceso de potabilización efectivo en la planta de tratamiento de agua potable. Estupiñán, (2010) en el artículo Calidad físico-químico y microbiológico del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca encontraron resultados similares en cuanto al porcentaje admisible de cada parámetro comparados con la resolución 2115 del 2017.

En cuanto al índice evaluado teniendo como resultado que el agua tratada es apta para consumo humano, ya que se cumple con lo establecido en la resolución 2115 del 2007 la cual establece que el valor máximo permisible es de 0 a 5%; observando que los parámetros que influyen en el resultado de agua potable es dureza total y aluminio. Por cumplimiento de la resolución se clasificó el agua en un nivel sin riesgo, lo cual nos indica que es apta para consumo humano. Según el ministerio de salud y protección social en el informe nacional de calidad de agua para consumo humano INCA (2016) determinó que

en los municipios del departamento del Huila de las zonas rurales presentan índice de riesgo de nivel alto, por el contrario, la gran mayoría de las zonas urbanas se encuentran sin riesgos, entre ellas Pitalito con un 0,0%, de la misma manera la sede Yamboró perteneciente a la zona urbana de Pitalito arroja un índice de 0,0%.

El proceso de potabilización que se realiza en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la sede Yamboró es efectivo, ya que reduce el índice de riesgo en un 98% respecto al resultado del IRCA del agua cruda, lo cual hace que sea apta para consumo humano cumpliendo con la normatividad legal vigente.

Las pérdidas de agua no contabilizada en la sede Yamboró corresponde al 31,64% lo cual se debe a las fugas en algunos de los puntos de la red de distribución; según lo establecido por el RAS 2000 el índice de agua no contabilizada es de 25%, lo cual la sede Yamboró sobrepasa el 6%.

Observando los datos del consumo de agua, es necesario implementar medidas de uso eficiente y ahorro del agua que contribuyan a la disminución del consumo, evitando así el riesgo de desabastecimiento en la sede Yamboró.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento al Sena, al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, a todo el personal y aprendices del centro de formación sede Yamboró, por su disposición y colaboración para brindar la información necesaria para la investigación y los escenarios adecuados para el desarrollo de los análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalo, D., Lozano, J., y Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo, (6), 101-126.

Estupiñán. S. (14 julio 2010). Calidad físico-químico y microbiológica del agua del municipio de Bojaca, Cundinamarca.

<https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/162>

Fajardo, Á & Gutiérrez, M (2019). Identificación de los ecosistemas estratégicos del municipio La Calera. Retrieved from,

<http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/17640/2019angela fajardo.pdf?sequence=10&isAllowed=y>

Garzón, A. J. (2014). Evaluación patrones de consumo y caudales máximos instantáneos

de usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá. 41–45. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/46260/>

IDEAM. (26 de junio de 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el [Título I de la Ley 9 de 1979], así como el [Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III - Libro I- del Decreto Ley 2811 de 1974] en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. (DECRETO No. 1594). Recuperado de, [http://www.oas.org/usde/environmentlaw/waterlaw/documents/Colombia-Descreto_No._1594_\(1984\).pdf](http://www.oas.org/usde/environmentlaw/waterlaw/documents/Colombia-Descreto_No._1594_(1984).pdf)

Ministerio de salud & Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (22 JUN 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Resolución 2115). Recuperado de, https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

MINSALUD. (mayo 2018). Informe nacional de la calidad de agua para consumo humano INCA 2016, <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/ssa-inca-2016.pdf>

Peña, M. (2017). Principios, criterios y recomendaciones jurídicas para el establecimiento de regímenes de caudales ambientales en Centroamérica. Retrieved from, https://es.unesco.org/system/files/principios_criterios_y_lineamientos_para_centroamerica.pdf

Pérez, J. (2010). Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf>

López, E. P. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14.
file:///C:/Users/GMIPC/Downloads/Dialnet-CentroDeCalidadEnAguaParaConsumoHumanoEnLaRegion-5710308.pdf

Vidal, L. R. L., & Mendoza, Á. L. C. (2018). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 21(42), 39-46.