UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SAN VICENTE EN LA PROVINCIA PASTAZA - PUYO

AUTOR(ES):

Guato Iza Lizbeth Micaela

Muenala Chiguano Jocelyne Tatiana

DOCENTE - TUTOR:

Ramírez - Iglesias Elizabeth, Dra.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple con lo solicitado
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple con los solicitado
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Cumple con lo solicitado, pero se puede mejorar la idea.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14.0 / 15	Esta lo que corresponde, pero se podría ingresar información actualizada.
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple con lo solicitado.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	23.0 / 25	Cumple, pero se podría ingresar mayor discusión en los resultados.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9.0 / 10	Cumple, se podría mejorar.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple.
VALORACIÓN TOTAL	94	NOVENTA Y CUATRO

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	94

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE

EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Si cumple con los parámetros establecidos
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	4.0 / 5	Si cumple un 90% de los parámetros establecidos, sin embargo, en el cuerpo del apartado no existe una definición clara de cada segmento (Metodología, Resultados y Conclusión.
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Si Cumple con el 90% de lo establecido, en el apartado existen aún detalles de redacción que se pudiesen mejorar, además esta debe ser desde lo global nacional y regional no mantiene ese orden.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	11.0 / 15	
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.0 / 15	En este apartado existen algunas vacíos de redacción que no cumplen con las normas APA ejemplo 1036 msnm lo correcto es 1036 m s. n. m; se debe mejorar el tema de redacción para una mejor comprensión del apartado

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	23.0 / 25	Si cumple 90%, en el apartado falta discusión en los análisis físicos y químicos entendiendo como discusión a la comparación de resultados con otros autores que han ejecutado trabajos similares.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Si Cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4.0 / 5	Cumple parcialmente con lo establecido por las normas APA existe varias citas con anomalías que se visualizan de manera general, considerando que se mantiene una plantilla y una guía para evaluar el normal desarrollo del artículo.
VALORACIÓN TOTAL	89	OCHENTA Y NUEVE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PAUL ALONSO SALINAS JUMBO

PAUL ALONSO SALINAS JUMBO (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de EL PANGUI, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH DEL CARMEN RAMIREZ IGLESIAS

Document Information

Analyzed document	Evaluación de la calidad físico-química y mricrobiológica del agua de la planta de tratamiento san Vicente en la provincia Pastaza-Puyo.docx (D173509429)
Submitted	9/6/2023 7:03:00 PM
Submitted by	
Submitter email	lm.guatoi@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	ec.ramirezi.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / articulo c2.docx** Document articulo c2.docx (D173466349) Submitted by: rvabril@uea.edu.ec Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**unu_mestria_2023_vt_maijaarevalo_vt_v1.pdf.pdf** Document unu_mestria_2023_vt_maijaarevalo_vt_v1.pdf.pdf (D171610104)	2
SA	**T2_Taller de Tesis 2_Tarrillo Portilla Elias Isaias.docx** Document T2_Taller de Tesis 2_Tarrillo Portilla Elias Isaias.docx (D114481262)	1
SA	**TESIS final SINTIA PAMELA CARHUATOCTO VÍLCHEZ.docx** Document TESIS final SINTIA PAMELA CARHUATOCTO VÍLCHEZ.docx (D139622390)	1
SA	**TESIS-ANITA CORRECCIONES JUNIO 2020 - URKUND.docx** Document TESIS-ANITA CORRECCIONES JUNIO 2020 - URKUND.docx (D75929194)	1
SA	**TESIS FINAL RONALD ORLANDO VALENCIA DÍAZ 2.docx** Document TESIS FINAL RONALD ORLANDO VALENCIA DÍAZ 2.docx (D40846364)	1
SA	**TESIS JONATHAN GAVILANES.pdf** Document TESIS JONATHAN GAVILANES.pdf (D25274421)	1

Entire Document

Evaluación de la calidad físico - química y microbiológica del agua de la planta de tratamiento San Vicente en la provincia Pastaza-Puyo

Guato Iza Lizbeth Micaela1 lm.guatoi@uea.edu.ec
Muenala Chiguano Jocelyne Taniana1 jt.muenalac@uea.edu.ec
Ramírez - Iglesias Elizabeth, Dra.2 ec.ramirezi@

85%	MATCHING BLOCK 1/9	SA	articulo c2.docx (D173466349)

uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología (1) Resumen El

Evaluación de la calidad físico - química y microbiológica del agua de la planta de tratamiento San Vicente en la provincia Pastaza-Puyo

Guato Iza Lizbeth Micaela[1]
lm.guatoi@uea.edu.ec

Muenala Chiguano Jocelyne Taniana[1]
jt.muenalac@uea.edu.ec

Ramírez - Iglesias Elizabeth, Dra.[2]
ec.ramirezi@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología (1)

Resumen

El agua es un elemento vital para el consumo humano por lo que el análisis de parámetros es considerado un factor muy importante para controlar la calidad y asegurar la ausencia de contaminantes que puedan afectar la salud de los consumidores. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad físico, química y microbiológica del agua cruda proveniente de los ríos Pindo Chico y Pindo Grande, y del agua potable en el tanque de almacenamiento de 1500m^3, dentro de la planta de tratamiento San Vicente en la provincia Pastaza - Puyo durante los meses de junio y julio (8 semanas), y comprobar si el agua potable proveniente de dicha planta es apta para el consumo humano. Se evaluaron 48 muestras de agua cruda y 24 de agua potable, para su análisis fueron trasladadas al Laboratorio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAST – EP). Los parámetros físicos evaluados fueron: pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad eléctrica; así mismo los parámetros químicos: Amoniaco (NH_3), Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Hierro (Fe), Azufre (S), Fósforo (P), Flúor (F), y Cloro (Cl); mientras que de parámetros microbiológicos se evaluó: coliformes fecales y coliformes totales. Los resultados fueron contrastados con la Normativa Ecuatoriana INEN 1108, de los años 2006, 2011, 2014. Al correlacionar con los valores obtenidos en el análisis del agua cruda, se obtuvo valores que sobrepasan los niveles establecidos en la norma antes mencionada, como pH (9); color (34 Pt-Co); fósforo (0,47 mg/L), coliformes fecales (1011 U.F.C. / 100 mL) y coliformes totales (161,60 U.F.C. / 100 mL). Mientras que en el agua potable se demostró que el agua proveniente de la Planta de tratamiento San Vicente si cumple con las normativas establecidas en el proceso de potabilización, es decir es apta para consumo humano.

Palabras Clave: Agua potable, calidad física, planta San Vicente.

Abstract

Water is a vital element for human consumption, so the analysis of parameters is considered a very important factor to control quality and ensure the absence of contaminants that may affect the health of consumers. The objective of this study is to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of raw water from the Pindo Chico and Pindo Grande rivers, and of drinking water in the 1500m3 storage tank, within the San Vicente treatment plant in the province Pastaza - Puyo during the months of June and July (8 weeks), and check if the drinking water from said plant is suitable for human consumption. 48 samples of raw water and 24 of drinking water were evaluated, and for their analysis they were transferred to the Laboratory of the Municipal Public Company of Drinking Water and Sewerage (EMAPAST - EP). The physical parameters evaluated were: pH, color, turbidity, temperature, Total Dissolved Solids (TDS), and electrical conductivity; likewise the chemical parameters: Ammonia (NH3), Nitrate ($NO3^-$), Nitrite ($NO2^-$), Iron (Fe), Sulfur (S), Phosphorus (P), Fluorine (F), and Chlorine (Cl); while microbiological parameters were evaluated: fecal coliforms and total coliforms. The results were contrasted with the Ecuadorian Regulation INEN 1108, from the years 2006, 2011, 2014. When correlating with the values obtained in the analysis of raw water, values were obtained that exceed the levels established in the aforementioned standard, such as pH (9); color (34 Pt-Co); phosphorus (0.47 mg/L), fecal coliforms (1011 U.F.C. / 100 mL) and total coliforms (161.60 U.F.C. / 100 mL). While in drinking water it was shown that the water from the San Vicente treatment plant complies with the regulations established in the purification process, that is, it is suitable for human consumption.

Keywords*:* Drinking water, physical quality, San Vicente plant.

1. INTRODUCCIÓN

La potabilización del agua es un proceso que consiste en eliminar compuestos volátiles, e impurezas por medio de floculantes, filtración y desinfección con cloro, el proceso se realiza con el fin de que el agua pueda ser consumida por los humanos sin que cause reacciones de riesgo para la salud, además, busca eliminar sustancias tóxicas como el amoniaco y los sulfatos (Romero, 2006). Para lograr la potabilización del agua se suele hacer uso de plantas de tratamiento y otros procesos, que van desde el simple desbaste o filtración gruesa; filtros de arena y desinfección; procesos químicos y mecánicos mismos que conllevan una gran complejidad, sin embargo, estos sistemas no resultan 100% seguros y si llegan a fallar la población quedaría vulnerable frente a riesgos químicos y biológicos (Rodríguez, 2007).

A nivel mundial apenas el 0,0007% del agua es potable, tomando en cuenta que cada año va disminuyendo debido a la contaminación y otros factores, según la ONU la falta de agua potable afecta a más del 40% de la población mundial, siendo más de 4,000 millones de personas que hoy en día no cuentan con agua limpia y saneamiento, en donde 2,000 millones de personas son obligadas a consumir agua contaminadas por heces y otro tipo de sustancias poniendo en riesgo su salud (Montesinos, 2022).

Ecuador cuenta con aproximadamente 16,2 millones de habitantes, que se distribuyen en

áreas urbanas y rurales, donde el 70,1% de la población cuenta con agua segura y el 21,8% mantienen acceso básico, además, el 79,3% de habitantes consumen agua libre de contaminación fecal (ENEMDU, 2016). Para la administración de agua potable, drenaje y riego en Ecuador existe aproximadamente 3.685 juntas de Agua Potable las que se construyen bajo regímenes legales, y trabajan bajo condiciones precarias esto a causa del escaso apoyo por parte de municipios, descuido de fuentes de agua, ineficiencia en la gestión comunitaria, entre otros (Cordero, 2022).

En la ciudad de Puyo la empresa encargada de la potabilización del agua y su repartimiento es la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (EMAPAST - EP), la cual administra tres plantas de tratamiento de agua potable: Rio Blanco, Palestina y San Vicente. La planta de tratamiento rio Blanco se ubica en la vía Tena entrada al Rosal, se abastece del agua del río Blanco de donde proviene su nombre, y el agua potable es almacenada en cuatro tanques de almacenamiento de 250m^3 cada uno. Por otro lado, la planta de tratamiento de Palestina se abastece con los ríos Viejas, Puyo y Pindo y presenta dos tanques de almacenamiento para el agua ya tratada, el uno de 100m^3 y el otro de 300m^3. Por último, la planta de tratamiento San Vicente en donde se realizó la investigación, trabaja con agua proveniente de los ríos Pindo Chico y Pindo Grande mientras que el agua potable pasa a un tanque de almacenamiento de 1500 m^3 (EMAPAST, 2023).

Para que el agua sea distribuida a la ciudad, debe cumplir con parámetros y normativas que están dentro de los rangos de potabilización, esto es importante para el consumo humano, ya que el agua es un elemento vital y brinda beneficios a la salud, como: ayuda a la digestión y transporte de oxígeno por todo el cuerpo, sin embargo, estas normas no solo se aplican dentro de la ciudad de puyo sino que también a nivel nacional e internacional en donde se plantean análisis físicos, químicos y microbiológicos (NTE INEN 1108, 2006). La investigación tomará como referencia lo establecido según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108, de los años 2006, 2011, 2014 las cuales establecen ciertos parámetros que debe cumplir el agua potable antes de ser distribuida a la ciudad, donde se menciona en análisis físico el pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad eléctrica: mientras que en el análisis químico el hierro (Fe), amoniaco (NH_3), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), azufre (S), fósforo (P), flúor (F), cloro (Cl); y en análisis microbiológico los coliformes fecales y coliformes totales.

El pH hace referencia al potencial de hidrógeno que presenta un cuerpo de agua, con el cual se puede determinar el grado de acidez y de alcalinidad en el agua potable, para que no cause efectos secundarios en consumidores debe mantenerse entre un rango de 6,5 a 8,5 (INEN 1108, 2006); el color es un parámetro organoléptico que ayuda a conocer la calidad del agua potable para consumo humano, según Allen Hazen (1892), el color se expresa en unidades Pt–Co (escala platino – cobalto) utilizada para la identificación de los tonos del agua, su límite máximo permitido es de 15 Pt-Co; así mismo la turbiedad es conocida como la cantidad de partículas en suspensión que contiene el agua, para que no cause efectos secundarios al ser consumida no debe rebasar los 5 NTU (Nephetolometric Turbidity Unit);

en contraste la temperatura da a conocer la medida de energía cinética media de las moléculas de agua, misma que se expresa en °C; mientras que los Sólidos Disueltos Totales (TDS) muestra la cantidad de residuos secos en donde se encuentran sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica disueltas en el agua, y su límite máximo permitido es de 1000mg/L; por último, la conductividad eléctrica es la capacidad que presenta el agua para conducir corriente eléctrica, como es la presencia de iones en el agua, la movilidad, estado de oxidación, concentración, entre otras, y se expresa en μS/cm (TULSMA, 2015),

Los parámetros químicos como el Fe, NH_3, NO_3^-, NO_2^-, S, P, F, y Cl, son considerados parámetros de mucha importancia ya que al presentarse en el agua potable en niveles altos pueden relacionarse con enfermedades o daños a la salud, pero esto solo si la exposición resulta prolongada o si supera su límite máximo permitido. Los límites máximos permitidos (LMP) de los parámetros químicos antes mencionados son: hierro 0,3 mg/L; amoniaco 1,00 mg/L (NTE INEN 1108, 2006). Nitrato 50 mg/L (NTE INEN 1108, 2014). Nitrito 0,2 mg/L (NTE INEN 1108, 2011). Azufre 200 mg/L, Fósforo 0,3 mg/L (NTE INEN 1108, 2006). Flúor 1,5 mg/L y cloro 0,3-1,5mg/L (NTE INEN 1108, 2014).

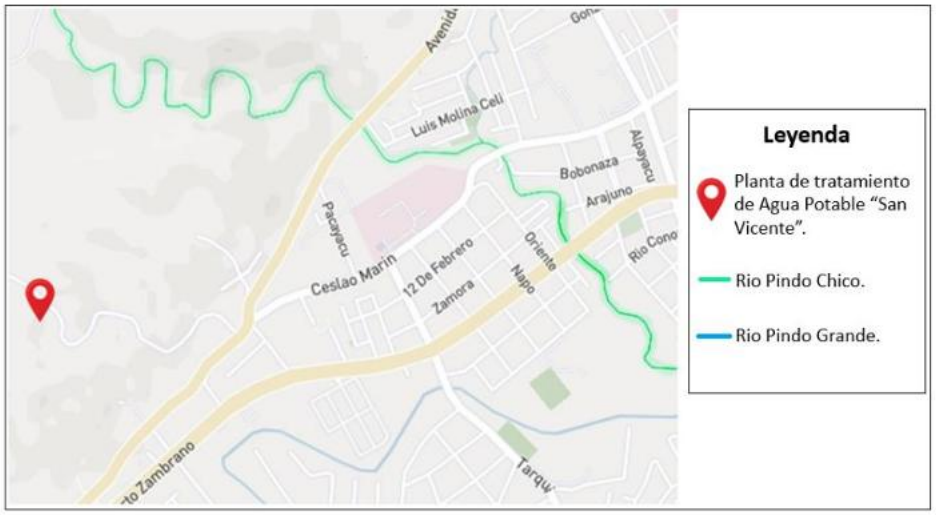
Además, los parámetros microbiológicos como los coliformes totales y coliformes fecales según el NTE INEN 1108 (2006), el límite máximo permisible para el agua potable es "ausencia" o "0". Puesto que se encuentran estrechamente asociados con las aguas contaminadas por heces las mismas que resultan patógenas, lo que indican un riesgo a la salud para los consumidores (OMS, 2018).

El presente trabajo busca evaluar la calidad físico, química y microbiológica del agua cruda proveniente de los ríos Pindo Chico y Pindo Grande, y del agua potable en el tanque de almacenamiento de 1500m^3, dentro de la planta de tratamiento San Vicente en la provincia Pastaza - Puyo durante los meses de junio y julio (8 semanas), y comprobar si el agua potable proveniente de dicha planta es apta para el consumo humano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la planta de tratamiento San Vicente, y el laboratorio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (EMAPAST-EP) (Figura1), se encuentra ubicada en la ciudad de Puyo, a una altitud de 1036 msnm, en las coordenadas: 1°29'32.5"S; 78°01'29.6"W (EMAPAST-EP, 2018).

Figura 1: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "San Vicente".



La planta de tratamiento de agua potable San Vicente se abastece con agua de los ríos Pindo Grande y Pindo Chico (Figura 1), el agua cruda llega a la planta por medio de dos válvulas la una llega con agua del río Pindo Grande y la otra con agua del río Pindo Chico. Inicialmente pasa por dos floculadores, posterior por cuatro sedimentares, y seis filtros, para después ser almacenada en un tanque de 1500 m^3 de donde se realiza el repartimiento a la ciudad.

El agua potabilizada en la planta de tratamiento es destinada a diferentes zonas de la ciudad de Puyo, como: Las Palmas, Los ángeles, Unión Base, La Merced, Eloy Alfaro l y ll, Santo Domingo, Juan Montalvo, El Arbolito, El recreo, Vásconez Sevilla, y Tarqui (EMAPAST-EP, 2018).

2.1 Muestreo

La toma de muestras se realizó entre los meses de junio a julio (ocho semanas) del presente año, se tomaron 48 muestras afluentes que se obtiene del agua cruda proveniente de los ríos pindo chico y pindo grande. El agua cruda como lo menciona Montoya, Loaiza, Torres, Cruz & Escobar (2011), es el agua que no ha recibido ningún tipo de tratamiento. Así mismo se recolectaron 24 muestras efluentes que corresponden al agua potable proveniente del tanque de 1500 m^3.

Las muestras fueron recolectadas en recipientes de vidrio de 100 mL de capacidad, pasados previamente por autoclave durante 24 h. Y fueron tomadas por triplicado, obteniendo un total de 72 muestras, 48 que corresponden al agua cruda de los ríos Pindo Grande y Pindo Chico (afluente), y 24 m de agua potable del tanque de 1500 m^3 (efluente).

Posteriormente de la recolección, las muestras fueron trasladadas el mismo día al Laboratorio de la empresa EMAPAST-EP para la realización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos a fin de evitar posibles alteraciones en los análisis realizados, tal y como lo señala IDEAM (2020).

2.2 Análisis físico

Se realizó el análisis de seis parámetros físicos: pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad eléctrica. Para el análisis del pH se utilizó un potenciómetro o pH-metro de marca Hach modelo sensIONTMPH1; el color de las muestras de agua en cambio se analizó por espectrofotometría (Rice & Bridgewater, 2017), con un colorímetro de marca Lovibond modelo EC 2000-Pt-Co; la turbiedad en contraste se basó en el método nefelométrico utilizando el turbidímetro de marca Hach modelo TL2300; mientras que la conductividad, temperatura y TDS se analizó por el método de conductimetría (Rice & Bridgewater, 2017), y se usó el equipo de marca OAKTON modelo CON 2700. Para el blanco de todas las muestras se utilizó agua desionizada de acuerdo a EMAPAST- EP (2018).

2.3 Análisis químico

Se evaluaron ocho parámetros químicos Fe, NH_3, NO_3^-, NO_2^-, S, P, F, y Cl. El análisis de contenido de cloro se determinó con un medidor digital de cloro de marca Hach modelo Pocket Colorimeterll, para esta reacción se hizo uso del reactivo Chlorine free-DPD de acuerdo al método DPD (Dietil Parafenileno Diamina) como lo menciona Rice, & Bridgewater (2017) y se midió en una longitud de onda de 450mn.

2.3.1 Determinación de amonio, nitritos, nitratos, hierro, azufre, fósforo y flúor por espectroscopia UV-VIS

Estos parámetros fueron medidos en un espectrofotómetro de UV-VIS marca Hach modelo DR6000.

Para el amoniaco se aplicó los reactivos Nessler (Iodomercuriato potásico) en adición con el alcohol polivinílico y estabilizante mineral, basado en el medio alcalino, si la muestra presenta amoniaco se formará un complejo de color amarillo a pardo, a medida que aumenta la concentración el color será más intenso (Hach, 2000), y se midió en una longitud de onda de 410 nm.

En la determinación de nitratos se utilizó el reactivo NitraVer5, basado principalmente en el método de reducción de cadmio, en presencia de nitrato la muestra tomara un color ámbar, y se evaluó en una longitud de onda 220 nm a 275 nm, así como lo señala Hach (2023).

En el análisis de contenido de nitrito se hizo uso del reactivo NitraVer3, de igual manera se basó en el método de reducción de cadmio, la longitud de onda con la que se realiza dicho análisis es de 525 nm, si el cuerpo de agua toma un color rosa es debido a la presencia de nitrito (Gutiérrez, Quijano & Quijano, 2012).

Para el hierro se aplicó el reactivo FerroVer compuesto por tiosulfato de sodio, hidro-sulfito de sodio, ácido 1,10-Fenantrolina-p-toluenosilfonico y metabisulfito de sodio, después de añadir el reactivo si existe hierro se formará un color anaranjado, la lectura se realizó con una longitud de onda de 510 nm (Lobo, Colman, Bértola, & Zaritzky 2017).

Con respecto al Fósforo se aplicó el reactivo PhosVer3 basado en el método ácido ascórbico, y fue evaluado a una longitud de onda de 880 nm como lo menciona Rice, & Bridgewater (2017).

En la evaluación de azufre se utilizó el reactivo SulfaVer4, siguiendo el método turbidimétrico SulfaVer, si la muestra de agua presenta azufre se observará una turbiedad blanca, además el análisis se realizó con una longitud de onda de 450 nm (Gutiérrez, Quijano & Quijano, 2012).

Para el análisis del flúor se hizo uso del reactivo SPANS compuesto por sodio 2-parasulfofenilazo, 1.8-bihidróxido y 3.6-bisulfato de naftalina, en presencia de flúor la muestra de agua toma un color rojo luminoso y fue medido a una longitud de onda de 580 nm como lo menciona Hach, 2000.

2.4 Análisis microbiológico

Para la determinación de coliformes fecales y totales se basó en la metodología colilert el mismo que detecta y cuantifica simultáneamente coliformes totales y fecales debido a su selectividad y especificidad (Idexx,2013). Se utilizó una ampolla de colilert de marca IDEXX, además se hizo uso de una celda de marca IDEXX modelo Quanti-Tray/2000 en el método de cuantificación semiautomática basado en el modelo NMP (número más probable) estándar también se usó un sellador de celdas marca IDEXX modelo Quanti-Tray Sealer plus por que distribuye de forma automática la mezcla de muestra y reactivo en cubetas separadas por último se hace uso de un horno de secado de marca Memmert siguiendo el método de medición de la gravimetría que previamente deben estar a una temperatura y hora especifica en este caso se encuentran a una temperatura de 38ºC donde las celdas con la muestra permanecerán adentro por 24 horas.

Finalizado el tiempo de espera de las muestras dentro del horno de secado se procede a la lectura del contenido tanto de coliformes totales y fecales donde se hace uso de un equipo de luz ultravioleta marca Grafco modelo E-series a una longitud de onda larga de 366 nm, para identificar el color de cada celda y realizar una comparación de los resultados con la tabla de NMP. (IDEAM, 2007).

Dentro de la metodología IDEXX utilizada para este análisis se recalca que la prueba Colilert utiliza tecnología de sustrato definido (DST) patentada para detectar simultáneamente coliformes totales y E. coli. Dos indicadores de nutrientes, ONPG y MUG, son las fuentes principales de carbono en Colilert y pueden metabolizarse con la enzima coliforme β-galactosidasa y la enzima E. coli β-glucuronidasa, respectivamente. (IDEXX, 2013).

2.4.1 Coliformes fecales

Para la determinación de color para coliformes fecales la coloración es amarillas fluorescentes se es positiva para E. coli (IDEXX, 2013).

2.4.2 Coliformes totales

Para la lectura de color para coliformes totales se cuenta las celdas grandes y pequeñas si es de coloración amarilla indica presencia de coliformes totales positiva (IDEXX, 2013).

2.5 Análisis estadísticos

Para la obtención de los estadísticos descriptivos se hizo uso del programa SPSS 15.0 Para Windows (SPSS Inc., 2006). A través de este procedimiento se realizó de una manera general una inspección de los datos, se identificó valores atípicos, se obtuvo descripciones, se comprobó supuestos. La normalidad de los datos fue evaluada de manera gráfica a través de los histogramas y usando estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central (media, mediana) y medidas de la forma de la distribución: la asimetría y la curtosis. Para medir la dispersión de los datos se utilizó los siguientes estadísticos: varianza (S2), desviación estándar (DS), el coeficiente de variación (CV), valores máximos y mínimos. Así realizando la comparación de los análisis de agua afluente y efluente según NTE INEN 1108 (2006).

.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis físicos

Los parámetros físicos de la calidad del agua que se analizaron en el río Pindo Chico fueron: pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad electrónica (Tala 1).

El pH presentó variación en la concentración a lo largo del tiempo, obteniendo los valores más bajos (7,61) en la séptima semana y los más altos en la octava semana (8,58), Al realizar la comparación de los resultados obtenidos con la normativa INEN 1108 (2006), se identificó que los valores superaron los límites establecidos para este parámetro (6,5 – 8,5). Por lo que el agua no es apta para el consumo humana, ya que podría causar irritación en mucosas y órganos externos hasta ulceraciones (Galvín, 2003). Posiblemente los valores altos se deben a factores como drenajes ácidos de minería, emisión de combustibles fósiles, y desechos de agricultura como lo menciona Aduvire, 2006.

Para el parámetro color al igual se observó que las concentraciones variaron a través de las 8 semanas de muestreo, obteniendo los valores más bajos en la segunda semana (5 Pt-Co) y los más elevados en la séptima semana (34 Pt-Co), según la Normativa Técnica del Agua Potable el color presenta un LMP de 15 Pt-Co (INEN 1108, 2006), al realizar la comparación con los resultados obtenidos, estos incumplen con dichos niveles. Lo cual podría ser debido a que el agua proviene de una fuerte natural y posiblemente presente alta cantidad de materia orgánica procedente de materia vegetal en descomposición, o también podría ser a causa de actividades agrícolas, pecuarias y mineras realizadas cerca del sitio de estudio (FUNASA, 2013).

Con lo que respecta al parámetro turbiedad y TDS, los resultados si presentaron variación a lo largo de las ocho semanas, en turbiedad los valores mayores se dieron en la séptima

semana (2,94 NTU) y los resultados menores en la semana 8 (0,98 NTU). Mientras que del TDS los valores más altos se reflejaron en la segunda semana (62,3) y los resultados menores en la semana 7 (38,77 g/L). En comparación con la Norma Técnica del Agua Potable INEN 1108 (2006), todos los resultados van por debajo de los establecidos es decir si cumple con los límites máximos que son: turbiedad 5 NTU y TDS 1000 mg/L.

Mientras que en los parámetros temperatura y conductividad no existe un nivel establecido, esto podría se debido a que no representan variables que puedan afectar la salud humana es por eso que su límite máximo permitido es n/a (no aplica) así lo menciona la Normativa Ecuatoriana del Agua Potable INEN 1108 (2006).

Tabla 1: Parámetros físicos en el agua cruda del río Pindo Chico durante las ocho semanas de evaluación

Parámetros físicos		**pH**	**Color (Pt-Co)**	**Turbiedad (NTU)**	**Temperatura (°C)**	**TDS (mg/L)**	**Conductividad (µS/cm)**
LMP NTE INEN		**6,5-8,5**	**15**	**5**	**n/a**	**1000**	**n/a**
Tiempo	n						
1	3	8,26 (±0,02)	13 (±0,08)	1,43 (±0,01)	23,6 (±0,16)	58,73 (±0,02)	63,5 (±0,33)
2	3	8,32 (±0,03)	**5 (±0,16)**	1,12 (±0,02)	24 (±1,63)	**62,3 (±0,02)**	67,32 (±0,02)
3	3	7,95 (±0,02)	9 (±0,82)	1 (±0,08)	26 (±0,82)	58,19 (±0,07)	62,96 (±0,00)
4	3	8,01 (±0,41)	27 (±0,82)	1,34 (±0,04)	24,6 (±0,57)	54,13 (±0,04)	58,69 (±0,06)
5	3	7,82 (±0,07)	33 (±0,81)	2,35 (±0,04)	24 (±0,28)	46,01 (±0,00)	49,74 (±0,03)
6	3	7,81 (±0,03)	26 (±0,41)	2,02 (±0,02)	24,3 (±0,24)	52,33 (±0,27)	56,15 (±0,12)
7	3	**7,61 (±0,04)**	**34 (±0,0)**	**2,94 (±0,03)**	24 (±0,41)	**38,77 (±0,03)**	42,09 (±0,07)
8	3	**8,58 (±0,07)**	13 (±0,41)	**0,98 (±0,00)**	25,3 (±0,24)	53,13 (±1,42)	58,26 (±0,61)

n: número de ensayos realizadas. LMP: Límite máximo permitido. n/a: no aplica.

En la tabla 2 se detallan los parámetros físicos evaluados del agua cruda en el río Pindo Grande que fueron; pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad. En relación a los resultados de los parámetros pH y color todas las concentraciones varían a lo largo de las semanas de evaluación donde el pH presento los valores más bajos en la sexta semana (7,68) y los resultados más altos en la octava semana (9), mientras que el color presento los valores menores en la tercera semana (4 Pt-Co) y los valores mayores en la séptima semana (23 Pt-Co), similar al caso del río Pindo Chico el pH y color incumplen con los niveles establecidos por la Normativa Ecuatoriana para el Agua

Potable (INEN 1108, 2006) como se mencionó anteriormente.

Mientras que los parámetros turbiedad y Sólidos Disueltos Totales si cumplieron con los niveles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108, (2006). Con respecto a las concentraciones se determinó que la turbiedad presento mayor valor (1,15 NTU) en la semana 7 en contraste a la segunda semana donde los valores fueron menores (0,24 NTU). Así mismo en Sólidos Disueltos Totales los valores mayores se presentaron en la segunda semana (53,59 mg/L) y los valores menores en la séptima semana (30,39 mg/L).

De igual manera la temperatura y conductividad no presentan un valor establecido con respecto a los límites máximos permitidos, así como se mencionó anteriormente en el caso del río Pindo Chico.

Tabla 2: Parámetros físicos en el agua cruda del rio Pindo Grande durante las ocho semanas de evaluación.

Parámetros físicos		pH	Color (Pt-Co)	Turbiedad (NTU)	Temperatura (°C)	TDS (mg/L)	Conductividad (µS/cm)
LMP NTE INEN		**6,5-8,5**	**15**	**5**	**n/a**	**1000**	**n/a**
Semana	n						
1	3	8,67 (±0,02)	12 (±0,65)	0,71 (±0,001)	23,63 (±0,21)	42,52 (±0,02)	46,24 (±0,03)
2	3	8,36 (±0,03)	5 (±0,24)	**0,24 (±0,002)**	23,9 (±0,00)	**53,59 (±0,08)**	58,35 (±0,04)
3	3	8,03 (±0,02)	**4 (±0,16)**	0,26 (±0,01)	25,8 (±0,08)	52,81 (±0,03)	57,13 (±0,12)
4	3	8,87 (±0,62)	5 (±0,24)	0,28 (±0,004)	24,9 (±0,00)	48,81 (±0,13)	52,89 (±0,03)
5	3	7,74 (±0,02)	20 (±0,82)	0,44 (±0,00	24,4 (±0,33)	40,69 (±0,07)	43,95 (±0,01)
6	3	**7,68 (±0,07)**	14 (±0,00)	0,746 (±0,001)	24,4 (±0,41)	45,41 (±0,32)	46,81 (±0,04)
7	3	8,71 (±0,02)	**23 (±0,41)**	**1,15 (±0,04)**	24,2 (±0,16)	**30,39 (±0,33)**	27,87 (±0,00)
8	3	**9 (±0,16)**	8 (±0,41)	0,28 (±0,00)	25,4 (±0,00)	49,03 (±0,02)	53,05 (±0,05)

n: número de ensayos realizadas. LMP: Límite máximo permitido. n/a: no aplica.

Según se detalla en la tabla 3, los parámetros físicos evaluados en el agua potable fueron: pH, color, turbiedad, temperatura, Sólidos Disueltos Totales (TDS), y conductividad electrónica. Los resultados de todos los parámetros reflejan variaciones de concentración a lo largo de las ocho semanas de evaluación, a relación con el pH los valores mayores se observaron en la semana 2 (8,34) y los resultados menores se dieron en la semana 7 (7,42). Así mismo en el color la tercera semana reflejo los valores más bajos (1 Pt-Co) y los valores

más altos en la semana 8 (14 Pt-Co). Mientras que el TDS expreso los valores mayores en la primera semana (84 mg/L) y los resultados menores en la semana 8 (47,91 mg/L).

Al realizar la comparación con la Norma Técnica del Agua Potable (INEN 1108, 2006), todos los parámetros cumplieron con los límites máximos establecidos que se mencionaron anteriormente, es decir el agua potable proveniente de la Planta San Vicente si es apta para el consumo humano.

Tabla 3: Parámetros físicos en el agua potable del tanque de 1500m^3 durante las ocho semanas de evaluación.

Parámetros físicos		pH	Color (Pt-Co)	Turbiedad (NTU)	Temperatura (°C)	TDS (mg/L)	Conductividad (µS/cm)
LMP NTE INEN		6,5-8,5	15	5	n/a	1000	n/a
Semana	n						
1	3	8,22 (±0,02)	7 (±0,41)	0,87 (±0,02)	24,5 (±0,41)	**84 (±1,70)**	91,01 (±0,01)
2	3	**8,34 (±0,02)**	3 (±1,25)	0,39 (±0,02)	24,4 (±0,33)	55,62 (±0,02)	60,33 (±0,02)
3	3	7,45 (±0,04)	**1 (±0,41)**	0,35 (±0,04)	25,6 (±0,16)	53,81 (±0,01)	57,86 (±0,02)
4	3	7,92 (±0,02)	13 (±1,63)	0,44 (±0,01)	24,5 (±0,41)	48,71 (±0,01)	52,75 (±0,04)
5	3	8 (±0,08)	9 (±0,24)	0,75 (±0,04)	22,5 (±0,41)	82 (±1,63)	79,02 (±0,02)
6	3	8,30 (±0,01)	2 (±0,08)	0,28 (±0,02)	23,5 (±0,41)	53,82 (±0,02)	58,77 (±0,02)
7	3	**7,41 (±0,01)**	3 (±0,16)	0,33 (±0,02)	24,3 (±0,08)	52,5 (±0,16)	56,6 (±0,24)
8	3	7,50 (±0,01)	**14 (±1,63)**	0,41 (±0,01)	23,7 (±0,16)	**47,91 (±0,01)**	51,87 (±0,02)

n: número de ensayos realizadas. LMP: Límite máximo permitido. n/a: no aplica.

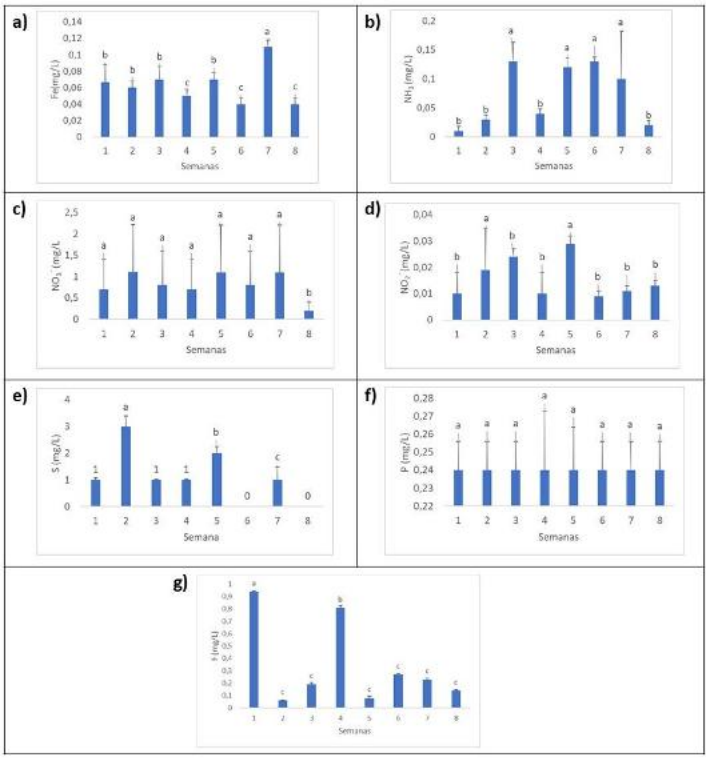
3.2 Análisis químico

Los parámetros químicos evaluados en el agua cruda del río Pindo Chico fueron: Fe, NH_3, NO_3^-, NO_2^-, S, P, y F (Figura 2). Para la variable del Fe (figura 2a), se observó que hubo variación en las concentraciones de este metal durante las semanas de evaluación, obteniendo los valores más altos en la semana 7, en contraste con la semana 8, donde las concentraciones de este elemento vuelven a disminuir. Según la Norma Técnica del Agua Potable el hierro presenta un LMP de 0,3 mg/L (INEN 1108, 2006), al realizar las comparaciones con los límites máximos todos los valores si cumplen con el límite establecido.

Así mismo para el amoniaco (figura 2b) se identificó que, si existe variación de valores a lo largo de las semanas de evaluación, donde el valor más bajo de concentración corresponde a la semana 1 y el mayor en la semana 3. De igual manera en los demás parámetros, todos

presentaron variaciones durante la evaluación realizada a lo largo de las ocho semanas, pero ninguno de los valores que expresa variables químicas sobre pasa los niveles establecido, por la Norma Técnica del Agua Potable, donde indica que los límites máximos permitidos son: NH_3 1,0 mg/L (NTE INEN 1108, 2006); NO_3^- 50 mg/L (NTE INEN 1108, 2014); NO_2^- 0,2 mg/L (NTE INEN 1108, 2011); S 200mgL y P 0,3mg/L (NTE INEN 1108, 2006); y F 1,5 mg/L (INEN 1108, 2014).

Figura 2. Variación de parámetros químicos en agua cruda del río Pindo Chico durante las ocho semanas de evaluación

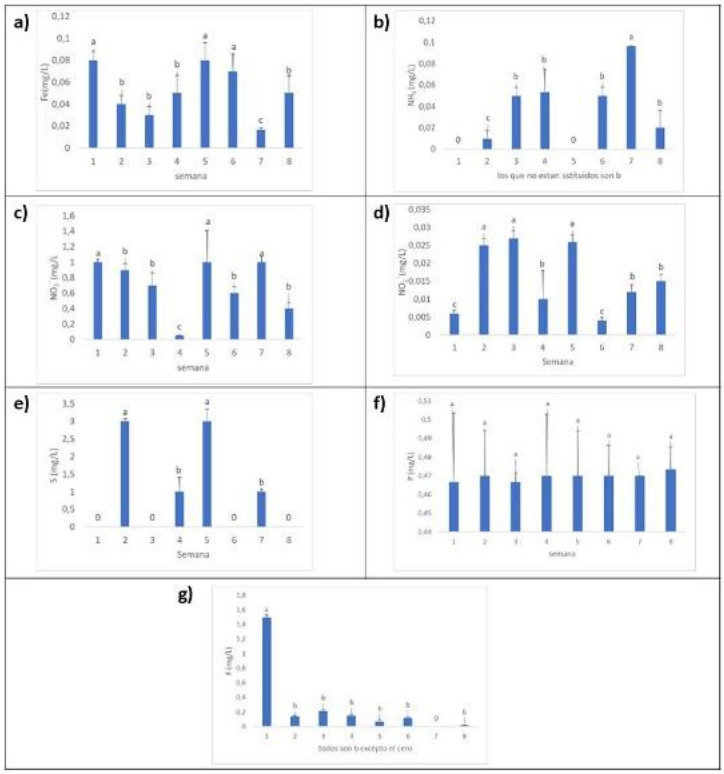


Fe: hierro (a); NH_3: amoniaco (b); NO_3^-: nitrato(c); NO_2^-, nitrito (d) , S: azufre (e); P: fósforo (f); F: flúor(g). Letras diferentes para una misma variable indica diferencias estadísticamente significativas al realizar el contraste entre semanas (n=3) ($p<0.05$)

En la figura 3 se detallan los resultados de los parámetros químicos evaluados en el agua cruda del río Pindo Grande que fueron: Fe, NH_3, NO_3^-. NO_2^-, S, P, y F. Todos los parámetros mostraron variación de concentraciones a lo largo del tiempo de estudio, así como también todos cumplieron con los niveles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana antes mencionada, a excepción del fósforo (figura 3f) que expresó resultados de concentración similares durante las ocho semanas de evaluación, de igual manera se observó que los resultados de este elemento se encuentran por encima del límite máximo permitido (0,3

mg/L), de acuerdo con la norma INEN 1108, 2006. Por lo que si el agua en estas condiciones es consumida por el humano podría desarrollar diversos problemas a la salud humana como son enfermedades al hígado, corazón, huesos, entre otras, (Martínez, & Saracho, 2009).

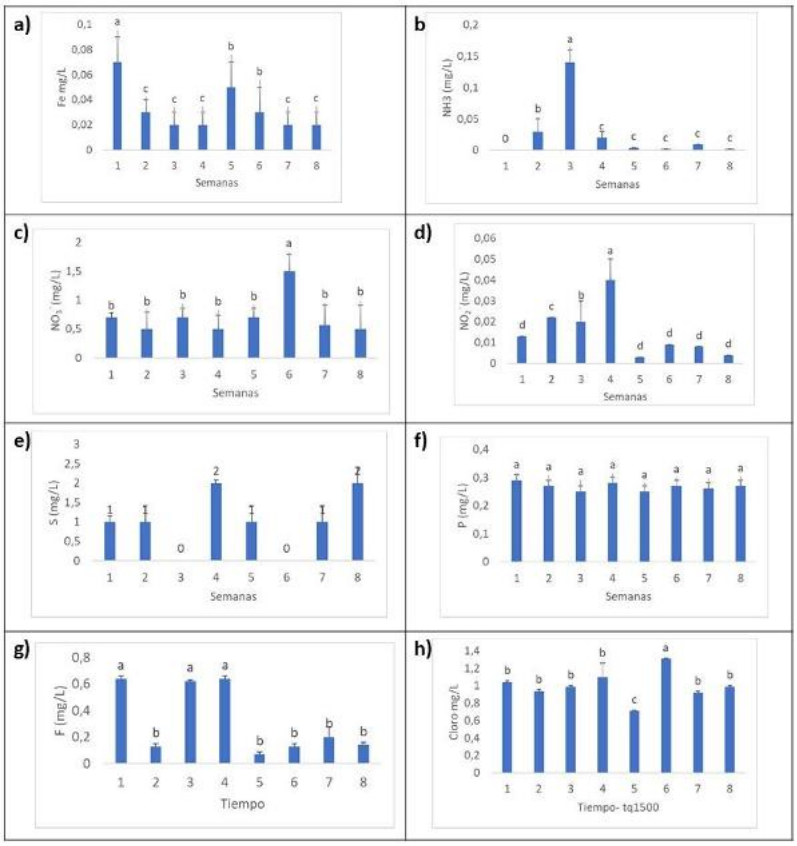
Figura 3. Variación de parámetros químicos en agua cruda del río Pindo Grande durante las ocho semanas de evaluación



Fe: hierro (a); NH_3: amoniaco (b); NO_3^-: nitrato(c); NO_2^-,nitrito (d) , S: azufre (e); P: fósforo (f); F: flúor(g). Letras diferentes para una misma variable indica diferencias estadísticamente significativas al realizar el contraste entre semanas (n=3) ($p<0.05$)

Por otro lado, los parámetros químicos analizados en el agua potable del tanque de 1500m^3 fueron: Fe, NH_3, NO_3^-. NO_2^-, S, P, F y Cl (Figura 4), estos presentaron variaciones en sus concentraciones durante las ocho semanas de muestreo. En este caso todos los parámetros si cumplieron con los límites máximos permisibles, establecidos por la Norma Técnica del Agua Potable, es decir, el agua potable de la planta San Vicente si cumple con los requisitos para consumo humano (INEN 1108, 2006).

Figura 4. Variación de parámetros químicos en agua potable del tanque de 1500m^3 durante las ocho semanas de evaluación.



Fe: hierro (a); NH_3: amoniaco (b); NO_3^-: nitrato(c); NO_2^-, nitrito (d), S: azufre (e); P: fósforo (f); F: flúor(g); Cl: cloro. Letras diferentes para una misma variable indica diferencias estadísticamente significativas al realizar el contraste entre semanas (n=3) ($p<0.05$)

3.3 Análisis microbiológico

Acerca del análisis microbiológico se evaluaron coliformes fecales y coliformes totales (figura 5) de agua cruda tanto en Pindo Chic, Pindo Grande y agua potable del tanque 1500m^3.

En cuanto al primer sitio de estudio, en las coliformes fecales (figura 5a) se observó que hubo variación en las concentraciones de este indicador durante las semanas de evaluación, obteniendo los valores más altos en la cuarta, quinta y sexta semana con respecto a las demás semanas, las concentraciones son menores durante las semanas 1,2,3 y 7.

Según la Norma Técnica del Agua cruda los coliformes fecales presentan un límite máximo permitido de 4000 U.F.C/ 100 mL en el análisis hubo presencia lo que indica que existe una vía de contaminación (INEN 1108, 2006), al realizar las comparaciones con los

límites máximos permitidos todos los valores se encuentran fuera del parámetro establecido es decir el agua nos es apta para el consumo humano por la presencia potencial de bacterias que pueden causar enfermedades (Swistock, 2020).

Para los coliformes totales del agua cruda de Pindo Chico (figura 5b) las concentraciones más altas fueron durante las semanas 5 y 6 donde se observó presencia de coliformes totales, encontrándose todos los valores sobre los máximos permitidos en (INEN 1108, 2006), estos resultados indican de acuerdo a (Burt et al., 2012). que el agua debe tratarse para prevenir la ingestión de bacterias.

Comparando los resultados de coliformes totales y fecales de Pindo Chico se resaltan que no se encuentra óptimas para el consumo humano debido a que su presencia está asociada con una variedad de patógenos difíciles de detectar como Salmonella, Shigella y Vibrio, que causan gastroenteritis, disentería, fiebre tifoidea y cólera, así como virus liberados por portadores de enfermedades (OMS, 1970).

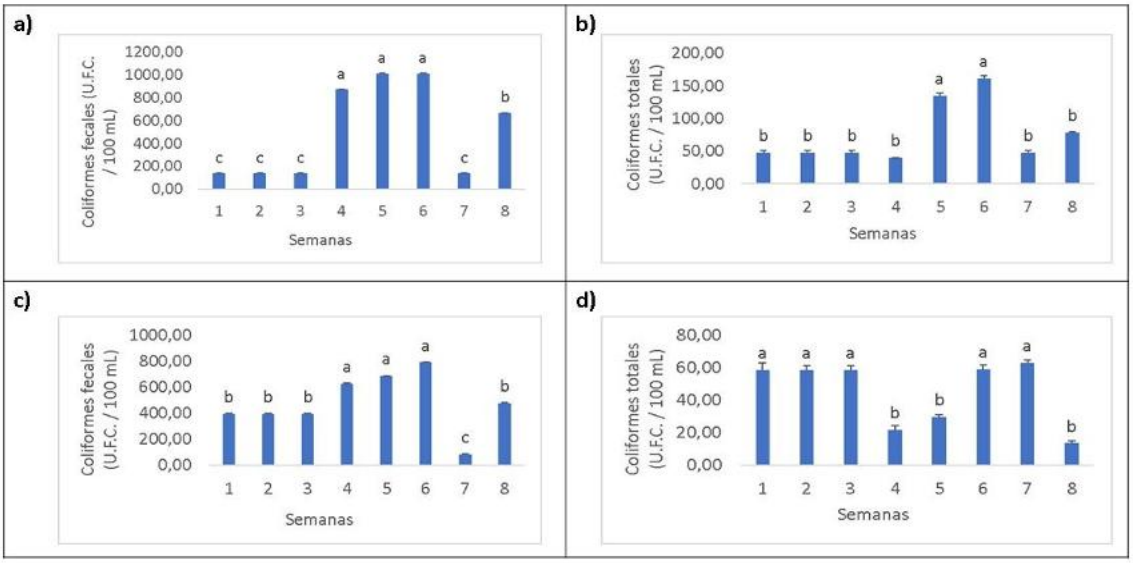
Dentro del agua cruda para Pindo Grande la variable de coliforme fecales (figura 5c) refleja que en la semana 6 hubo mayor presencia de bacterias, mostrando una disminución para la semana 7 posiblemente estos cambios pueden estar relacionados con factores como la actividad antrópica, cambios climáticos, entre otros, aunque la razón más común es por infiltración de heces fecales en el campo abierto.

La calidad del agua también se ve afectada por el cambio climático, ya que se espera que las temperaturas más altas del agua y las inundaciones y sequías más frecuentes exacerben muchos tipos de contaminación del agua, desde sedimentos hasta patógenos y pesticidas (Bates, B. Kundzewicz, B. Shaohong, W. Palutikof, J Eds., 2008).

Para los coliformes totales de esta misma zona (figura 5d) la mayoría de las semanas muestran resultados superiores lo que indicó, al igual que los análisis anteriores que no se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma técnica ecuatoriana, por lo que el agua que no presenta ningún tipo de tratamiento previo no debe ser consumida ya que no se encuentra apta para el consumo humano.

La relación entre las diferentes muestras de agua cruda recogidas a lo largo de los meses junio y julio dentro de la planta San Vicente presentan una variación en cuanto a los resultados obtenidos de agua cruda están por encima de los LMP. con respecto a los análisis realizados de coliformes fecales y coliformes totales. La mayoría de las bacterias del grupo de los coliformes no causan enfermedades, pero cuanto mayor sea su número, mayor será la probabilidad de que haya bacterias que causan enfermedades.

Figura 5: Valores de los parámetros microbiológicos del agua cruda durante los meses de junio y julio del 2023 en EMPAST-EP.



U.F.C unidad formadoras de colonias

Dado que las bacterias coliformes generalmente persisten en el agua más tiempo que la mayoría de los organismos que causan enfermedades, la ausencia de bacterias coliformes lleva a suponer que el suministro de agua es microbiológicamente seguro para beber lo que está dentro de la Norma Técnica del Agua Potable (INEN 1108, 2006).

Durante las semanas de estudio los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos para el agua potable lo que corresponde al tanque de 1500 m³ fueron ausencia de coliformes fecales y coliformes totales que de esta manera indica que todo el tratamiento de potabilización realizados en la planta San Vicente son efectivos y garantizan su consumo, porque cumple con la norma establecida INEN 1108. Las bacterias coliformes fecales y *E. coli* también deben estar totalmente ausentes del agua potable. (Swistock B,2020).

Los resultados encontrados se relacionan con otro estudio realizado en Puno – Perú en donde se evaluó la calidad del agua para consumo humano tomando en cuenta parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, en donde se aplicaron técnicas nefelométricas, fotométricas, colorimétricas y también por métodos de recuento en placa (Brousett, Chambi, Mollocondo, Aguilar, & Lujano, 2018). En cuanto al pH los valores encontrados del agua cruda son mayores a los reportados en Puno – Perú, pero en comparación a los valores encontrados en el agua potable del presente estudio son menores a la evaluación antes mencionada realizada en Perú (Brousett, Chambi, Mollocondo, Aguilar, & Lujano, 2018).

Así mismo a relación del color, conductividad, solidas disueltos totales y turbiedad, todos los valores registrados expresan variación a lo largo de las semanas de estudio al igual que en el análisis del agua potable en las principales plantas de tratamiento realizado en Quito (Torres, Tapia, Goetschel, & Pazmiño, 2020). En donde la conductividad y TDS demostraron

resultados mayores que la evaluación presente mientras que el color y turbiedad resultaron menores que el análisis realizado en la planta San Vicente.

4. CONCLUSIONES

Los valores dentro de los parámetros físicos de Pindo Chico y Pindo Grande presentaron resultados que sobrepasan la normativa NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 – 2006, al igual que los parámetros químicos que no se encuentran dentro de la normativa establecida para la calidad de agua, es decir el agua proveniente de estas fuentes no es apta para el consumo humano y caso contrario puede causar riesgos a la salud del consumidor.

De la misma manera los valores con respecto al análisis microbiológico demuestran que en el agua cruda hay presencia de Coliformes totales y fecales, por lo cual no cumple con lo establecido por la norma NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 - 2006 (ausencia), dicha contaminación se debe a que son muestras de agua natural y a factores como; actividades antrópicas, cambios climáticos, entre otros, aunque la razón más común es por infiltración de heces fecales en el campo abierto.

Sin embargo, en los análisis físico, químico y microbiológico realizado en el agua potable del tanque de almacenamiento de 1500 m³ demuestra que todos los análisis cumplen con los parámetros de calidad de agua, establecidos por la norma NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 - 2006. Con esto se demostró que después de realizar los procesos de potabilización dentro de la planta San Vicente el agua se encuentra en óptimas condiciones para el consumo humano.

Es importante continuar como establece la normativa el control del agua potable ya que es una necesidad desde el punto de vista de sanidad pública a fin de prevenir enfermedades gastrointestinales en la población.

REFERENCIAS

Aduvire, O. (2006). Drenaje ácido de mina generación y tratamiento. *Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente*, *140*.

Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: Cambio climático y agua. Técnico. Documento del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 210 págs.

Brousett, M., Chambi, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (2018). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de agua para consumo humano Puno-Perú. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, *15*(15), 47-68.

Burt, P., Cubides, P., Soto, L., Rica, C., Luna, R., Rica, C., … Rica, C. (2012). Educación sanitaria, higiene y prevención. Fundación Avina/Care, (7), 76. Retrieved from

http://www.avina.net/avina//wp-content/uploads/2013/03/MODULO-7-OK.pdf

Cordero, C. (2022). *Agua y Saneamiento en Comunidades Rurales y Pequeños Municipio – ECU.055-B.* Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Quito

EMAPAST-EP. (2018). Manual de Procedimiento DR-2800 (1era Ed.).

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza [EMPAST]. (2023). Normativas EMAPAST EP. Obtenido de: https://emapast.puyo.gob.ec/documento-categoria/normativa-emapast-ep/

Environmental Protection Agency. (2011). Water Treatment Manual: Desinfection

Fundación Nacional de Salud [FUNASA]. (2013). *Manual Práctico de Análisis de Agua* (4ta ed.). Obtenido de https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_practico_analisis_agua_4_ed.pdf

Fustamante, N. (2017). Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Programa PROAGUA obtenido: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf

Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

Guerrero, M. (2012). *El agua.* Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=mvTSEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=QUE+ES+EL+AGUA&ots=02lhbmE77k&sig=7ESLux6p-siWNjPhJFAI_Xvo54w#v=onepage&q=QUE%20ES%20EL%20AGUA&f=false

Gutiérrez, J., Quijano, M., & Quijano, A. (2012). Monitoreo y caracterización fisicoquímica del material particulado PM2. 5 en Cúcuta-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, *10*(1), 24-38.

Hach. (2000). Manual de Analisis de Agua. 2da ed, EEUU. Pp 128-209. Obtenido de: file:///C:/Users/Woner/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Analisis%20de%20Agua.pdf

HACH. (2023). Nitrato y Nitrito. Recuperado de: https://es.hach.com/parameters/nitrate

IDEXX, laboratories, I. (2013). IDEXX. Obtenido de: https://al.idexx.com/es-xl/water/water-products-services/colilert/

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2006). *Agua Potable Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana 2da revisión). [Ley 1108 – 2006]. Obtenido de: http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2011). *Agua Potable Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana 4ta revisión). [Ley 1108 – 2011]. Obtenido de: http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2014). *Agua Potable Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana 5ta revisión). [Ley 1108 – 2014]. Obtenido de: http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2020). Instructivo de toma y preservación de muestras sedimentos y agua superficial para la red de monitoreo de calidad del IDEAM. Versión 03.

Lobo, C., Colman, J, Bértola, N., & Zaritzky, N. (2017, June). Síntesis de partículas de quitosano impregnadas con iones férricos para la remoción de arsénico en aguas de consumo. In *IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2017)*.

Mark, M., & Monty, D. (2004). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Cooperative de Texas Extensión, El Sistema Universitario Texas A & M.

Mezquia, V., Palacio, D., Cotarelo, N., Fernandez, M., & CANGAS, R. (2016). Análisis físico- químico de aguas para el consumo humano de Centros Laborales en La Habana (Cuba). Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

Martínez, I., & Saracho, R. (2009). El fósforo y sus implicaciones clínicas. *Nefrología*, *29*(5), 41-50.

Montesinos, M. (22,03,2022). ¿Cuánta agua potable hay en la tierra? ¿Se puede acabar? Recuperado de https://www.eltiempo.es/noticias/dia-mundial-del-agua-2022-cuanta-agua-potable-hay-en-la-tierra-se-puede-acabar

Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C., & Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*, (16), 137-138.

Naciones Unidas - Asamblea General. (2010). Resolución 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento.

Organización Mundial para la Salud [OMS] (2018). *Guías para la calidad del consumo humano.* World Health Organization.

OMS. European Standards for Drinking-Waters. Ginebra. 2ª. Ed. 1970.

Raffo Lecca, e., (2013). Tratado del agua y la legislación peruana. industrial data, 16(2), 106 117.

Reeves, T. (1997). La fluoración del agua un manual para operadores de planta de agua. (Traducido al español de Water fluoridation a manual for water plant operators). EE. UU: Departamento de Salud y Servicios Humanos.

Registro de gestión de agua potable y alcantarillado (2019). Regulacion-nro,-dir-arca-rg003-2016 reformada. El directorio de la agencia de regulación y control de agua. Obtenio: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Regulacion-DIR-ARCA-RG-003-2016-REFORMADA.pdf.

Rice, E. & Bridgewater, L. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 10). Washington, DC: American public health association.

Rodríguez, D. (2007). Potabilización del Agua. Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos. EOI.

Romero, M.(s.f.). *Tratamientos utilizados en potabilización de Agua.* (Boletín Electrónico No.08, Universidad Rafael Landívar). Recuperado de: https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING02.pdf

Swistock, B. (2020) bacterias coliformes. Pennsylvania State University obtenido: https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes

Texto Unificado De Legislación Secundaria de Medio Ambiente [TULSMA] (2015). Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua. (Registro Oficial Edición Especial 387).

Torres, S., Tapia, I., Goetschel, L., & Pazmiño, E. (2020). Análisis físico - químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito. *Enfoque UTE, 11*(4), 57-70.

World Health Organization. (2012). Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. Geneva, Switzerland: WHO Document Production Services.

Zaag, P. (2008). *Introducción a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos*. Módulo 1: "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Principios, conceptos, enfoques y estrategias en el contexto peruano e internacional". Cap. 1. Wageningen University, IHE – UNESCO, IPROGA. Lima. Perú.

5. MARCO TEORICO

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que al menos 840,000 muertes

por enfermedades diarreicas en el mundo se evitan por el acceso conjunto a agua potable, saneamiento e higiene, generando por cada 1 dólar invertido en estos servicios un retorno en beneficios de 4.3 dólares (OMS, 2012).

La importancia del agua potable es reconocida por organizaciones internacionales como las Naciones Unidas. Fue declarada como derecho humano por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2010 (Naciones Unidas, 2010) y es uno de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible: "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos".

Al respecto existen una serie de definiciones que se deben considerar al tratar este tema, como por ejemplo la potabilización de agua, la cual es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano (Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2019).

En Ecuador rigen la Norma INEN 1108 Norma técnica ecuatoriana la que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros. (Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2019).

Para la OMS (2018) el agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. También menciona que, si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población estará expuesta a riesgos para su salud prevenibles.

Las características físicas, químicas microbiológicas para el agua potable han sido tratadas a fin de garantizar que está sea apta para consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades, de elementos o substancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales y cumplir los requisitos de calidad establecidos por la Norma Técnica NTE INEN 1108 (revisión vigente) en observancia de lo que dicta el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 023 "Agua Potable" (Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2019).

5.1 Parámetros físicos

En los aspectos físicos del agua se miden los siguientes parámetros físicos: pH, Turbiedad, Color, Temperatura, los Sólidos Totales y la Conductividad específica (Raffo, 2013). El pH del agua es la medida de la concentración de los iones H^+ en el agua. Está relacionado al grado de acidez o basicidad que tiene el agua. La desinfección del agua mediante cloración es efectiva a pH alrededor del valor 7 (pH neutro). Su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0 El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5 (Fustamante N, 2017). Mantener pH del agua bajo, porque la formación de THM se incrementa con el pH (Environmental Protection Agency, 2011).

Otro parámetro físico es la turbiedad que es el indicador de la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua que se considera una característica organoléptica de la

calidad del agua potable (Fustamante N, 2017).

En cuanto al color es proveniente de la disolución de materiales vegetales o minerales; debido a la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición, como lignina y taninos; a óxidos de hierro, zinc y manganeso; a excretas de organismos vivos. El color está ligado a problemas de contaminación. El color del agua es consecuencia de la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales (Raffo, 2013).

Acerca de la conductividad se refiere a la medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella (Raffo, 2013).

La materia sólida se clasifica para toda la materia (excepto el agua), contenida en los materiales líquidos. Es necesario medir la cantidad de materia sólida contenida en una gran cantidad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento (Raffo, 2013)

5.2 Parámetros químicos

Las preocupaciones relacionadas con la salud que se asocian a los componentes químicos del agua de consumo humano son distintas de las asociadas a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos en la salud luego de periodos prolongados de exposición.

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo humano; sin embargo, solo unos pocos representan un peligro inmediato para la salud en alguna circunstancia determinada (OMS, 2018).

5.3 Parámetros microbiológicos

Dentro de los aspectos microbiológicos la garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicaciones correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos (OMS, 2018).

Para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia

o ausencia de organismos coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no siempre indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes. Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la Escherichia coli, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860 (Raffo, 2013).

Estas formas patógenas de Escherichia y de otras bacterias: Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter (que por tener forma similar se denominan genéricamente coliformes fecales), se determinan por medio de la técnica descrita por McCrady (1915), el Número Más Probable (NMP) y actualmente sigue siendo ampliamente utilizada. La ausencia de coliformes es un indicador que el agua es potable desde el punto de vista microbiológico (Raffo, 2013).