

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Bioquímica y Farmacia

Evaluación de la Calidad de Agua para Consumo Humano en la Universidad de Cuenca

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímica Farmacéutica


Autores:

Katherine Mercedes Vera Balbuca

Lourdes Cecilia Zhañay Bravo

Director:

Gladys Guillermina Pauta Calle

ORCID:  0000-0002-4676-5215

Cuenca, Ecuador

2023-11-06

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto revisar la calidad del agua potable consumida en la Universidad de Cuenca, tanto de las cisternas de almacenamiento como de la suministrada directamente a través de la red pública. Se cuenta con 12 unidades de reserva distribuidos en el campus central, eco - campus, campus centro histórico, campus paraíso y campus yanuncay, los que en su mayoría no están abasteciendo a los diferentes edificios. La evaluación de la calidad de agua se realizó mediante un estudio observacional descriptivo y cuantitativo con cuatro campañas de monitoreo para cada campus, a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de control estipulados en la normativa de referencia INEN 1108 (2020). Se concluye que la calidad del agua en todas las cisternas no cumple con la norma de referencia, al menos en uno de los requisitos: físico, químico o microbiológico; por lo que el agua no es apta para el consumo humano, requiriéndose acciones inmediatas para que la Universidad disponga de reservorios seguros que garanticen los diferentes usos del recurso y pueda afrontar situaciones de escasez de agua; mientras que la evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua suministrada directamente por la red pública, cumple con la norma de referencia en todos los campus. El estudio incluye un componente de investigación y es la identificación de *Pseudomonas aeruginosa*, bacteria patógena que se desarrolla en los reservorios de agua en objetables condiciones de almacenamiento poniendo en riesgo la salud de los consumidores; se detectó la presencia de esta bacteria en todas las cisternas. Se recomienda a los organismos de control incluir la búsqueda de esta bacteria como indicador de calidad, ya que aun, cuando las aguas tratadas muestren estar libres de coliformes fecales, no se puede asegurar su potabilidad.

Palabras clave: coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*, calidad de agua



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The purpose of this study is to review the quality of drinking water consumed at the University of Cuenca, both from storage cisterns and from water supplied directly through the public network. There are 12 reserve units distributed in the central campus, eco-campus, historic center campus, campus paraíso and campus yanuncay, most of which are not supplying the different buildings. Water quality was evaluated through a descriptive and quantitative observational study with four monitoring campaigns for each campus, using physical, chemical and microbiological control parameters stipulated in the INEN 1108 (2020) reference standard. It is concluded that the quality of the water in all the cisterns does not meet the reference standard, at least in one of the requirements: physical, chemical or microbiological; therefore the water is not suitable for human consumption, requiring immediate actions so that the University has safe reservoirs that guarantee the different uses of the resource and can face situations of water shortage; while the evaluation of the physical-chemical and microbiological quality of the water supplied directly by the public network, meets the reference standard in all campuses. The study includes a research component and is the identification of *Pseudomonas aeruginosa*, a pathogenic bacterium that develops in water reservoirs in objectionable storage conditions, putting the health of consumers at risk; the presence of this bacterium was detected in all cisterns. It is recommended that control agencies include the search for this bacterium as a quality indicator, since even when treated water is shown to be free of fecal coliforms, its potability cannot be assured.

Keywords: coliforms, *Pseudomonas aeruginosa*, water quality



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Introducción	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Capítulo i: marco teórico.....	15
1.1 El agua.....	15
1.2 Ciclo del agua.....	15
1.3 Tipos de agua	16
1.4 Características del agua	16
1.4.1 Características físicas	16
1.4.3 Características microbiológicas	19
1.5 Calidad del agua	21
1.6 Enfermedades transmitidas por el agua.....	22
Capítulo II: metodología	24
2.1 Tipo de investigación	24
2.2 Area de estudio	24
2.3 Ubicación y selección de las estaciones de muestreo	24
2.4 Programa de monitoreo	25
2.5 Toma de muestra	28
2.6 Materiales, equipos y reactivos	28
2.7 Métodos y técnicas de los parámetros físicos	29
2.7.1 Determinación de color: Método espectrofotométrico.....	29
2.7.2 Determinación de pH: Método potenciométrico	30
2.7.3 Determinación de turbiedad: Método nefelométrico	30
2.7.4 Determinación de la conductividad eléctrica: Método electrométrico.....	31
2.8 Métodos y técnicas de los parámetros químicos.....	31
2.8.1 Determinación de cloro residual libre: Método colorimétrico.....	31
2.8.2 Determinación de oxígeno disuelto: Método de electrodo de membrana	32
2.9 Métodos y técnicas de los parámetros microbiológicos	32
2.9.1 Técnica analítica para la determinación de coliformes totales y fecales por tubos múltiples mediante el Número más probable (NMP/100 ml)	32
2.9.2 Recuento de los gérmenes aerobios mesófilos - recuento en placa: Método Siembra a profundidad.....	33

2.9.3 Técnica analítica para la determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i> : Método de la siembra sobre medio gelosado (filtración sobre membranas)	34
Capítulo III: resultados y análisis	35
3.1 Tabla de referencia de para el análisis de resultados	35
3.2 Análisis estadístico de datos	35
3.2.3 Resultados y análisis físico-químicos de las cisternas, por campus	37
3.2.4 Resultados y análisis microbiológicos de las cisternas, por campus	42
3.2.5 Resultados de los análisis de agua de los Grifos de todas las dependencias en donde se ubican las cisternas	46
Capítulo IV: discusión	48
Capítulo V: conclusiones y recomendaciones	50
Recomendaciones	51
Acciones a corto plazo	51
Acciones a mediano plazo	52
Referencias	53
Anexos	58
Anexo A: Resultados fisicoquímico y microbiológico por monitoreo	58
Resultados fisicoquímicos de las cisternas, por monitoreo	58
Resultados microbiológicos de las cisternas, por monitoreo	63
Resultados de análisis microbiológicos y cloro residual de los grifos de cada dependencia, por monitoreo	69
Anexo B. MPN Index and 95% Confidence Limits for Various Combinations of Positive and Negative Results When Ten 10-mL Portions Are Used	75
Anexo C. Oficio de autorización de trabajo de titulación por parte de la Universidad de Cuenca	76
Anexo D. Plan de vigilancia de la Calidad del agua consumida en la Universidad de Cuenca	78
Anexo E. Norma INEN 1108:2020; Agua Para Consumo Humano. Requisitos	81
Anexo F. Normativa TULSMA anexo 1 del Libro VI, usos del agua	95
Anexo G. Registro fotográfico de la realización de los distintos análisis.	99

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio	24
Figura 2. Determinación de color	29
Figura 3. Determinación de pH	30
Figura 4. Determinación de turbiedad	30
Figura 5. Determinación de la conductividad eléctrica	31
Figura 6. Determinación del cloro residual.....	31
Figura 7. Determinación de oxígeno disuelto.....	32
Figura 8. Determinación de coliformes totales y fecales.....	33
Figura 9. Recuento de gérmenes aerobios mesófilos.	34
Figura 10. Determinación de Pseudomona aeruginosa.....	34

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación y número de cisternas por campus.....	25
Tabla 2. Programa de monitoreo	28
Tabla 3. Materiales, equipos y reactivos.	29
Tabla 4. Tabla de valores de referencia	35
Tabla 5. Análisis estadístico de los parámetros físico-químicos de las cisternas.	36
Tabla 6. Análisis estadístico de los parámetros microbiológicos de las cisternas.	36
Tabla 7. Resultados fisicoquímicos cisterna 01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina.....	37
Tabla 8. Resultados fisicoquímicos cisterna 02 - Campus Paraíso: Odontología.....	38
Tabla 9. Resultados fisicoquímicos cisterna 03 - Balzay: Bloque A- Administrativo.....	38
Tabla 10. Resultados fisicoquímicos cisterna 10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos.....	39
Tabla 11. Resultados fisicoquímicos cisterna 11 - Campus Balzay: Bloque B - Aulario I.....	39
Tabla 12. Resultados fisicoquímicos cisterna 12 - Campus Balzay: Bloque C - Aulario II.....	39
Tabla 13. Resultados fisicoquímicos cisterna 04 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Bodega	40
Tabla 14. Resultados fisicoquímicos cisterna 05 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Tanque	40
Tabla 15. Resultados fisicoquímicos cisterna 06 - Campus Central: Filosofía	40
Tabla 16. Resultados fisicoquímicos cisterna 08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura.	41
Tabla 17. Resultados fisicoquímicos cisterna 09 - Campus Central: Biblioteca	41
Tabla 18. Resultados fisicoquímicos cisterna 07 - Campus Yanuncay: Agronomía	42
Tabla 19. Resultados microbiológicos cisterna 01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina.....	42
Tabla 20. Resultados microbiológicos cisterna 02 - Campus Paraíso: Odontología.....	42
Tabla 21. Resultados microbiológicos cisterna 03 - Campus Balzay: Bloque A - Administrativo	43
Tabla 22. Resultados microbiológicos cisterna 10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos.	43
Tabla 23. Resultados microbiológicos cisterna 11 - Campus Balzay: Bloque B - Aulario I ...	43
Tabla 24. Resultados microbiológicos cisterna 12 - Campus Balzay: Bloque C- Aulario II ...	44
Tabla 25. Resultados microbiológicos cisterna 04 - Campus Centro histórico: Bodega	44
Tabla 26. Resultados microbiológicos cisterna 05 - Campus Centro histórico: Tanque	44
Tabla 27. Resultados microbiológicos cisterna 06 - Campus Central: Filosofía	45
Tabla 28. Resultados microbiológicos cisterna 08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura	45
Tabla 29. Resultados microbiológicos cisterna 09 - Campus Central: Biblioteca	45
Tabla 30. Resultados microbiológicos cisterna 07 - Campus Yanuncay: Agronomía	46
Tabla 31. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: primer monitoreo	59
Tabla 32. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: segundo monitoreo.....	60
Tabla 33. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: tercer monitoreo	62
Tabla 34. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: cuarto monitoreo	63
Tabla 35. Resultados microbiológicos de las cisternas: primer monitoreo	64
Tabla 36. Resultados microbiológicos de las cisternas: segundo monitoreo	66
Tabla 37. Resultados microbiológicos de las cisternas: tercer monitoreo	67
Tabla 38. Resultados microbiológicos de las cisternas: cuarto monitoreo	68
Tabla 39. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: primer monitoreo	70
Tabla 40. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: segundo monitoreo.....	71

Tabla 41. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: tercer monitoreo72

Tabla 42. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: cuarto monitoreo74

Dedicatoria

A Dios por protegerme durante todo mi camino darme la sabiduría para superar cada obstáculo y siempre bendecirme.

A mi ángel Rubén que me cuida y me guía desde el cielo. Si lo logre papá.

A mi querida madre Lourdes, por ser el pilar fundamental para culminar esta meta, gracias por tus consejos, apoyo, amor, sobre todo por estar en cada momento de mi vida y enseñarme que no es una opción rendirse, gracias por hacer de mí una mejor persona todos los días.

A mis hijas Doménica y Daniela que son el motor de mi vida, mi fuente de superación y de lucha constante, todo esto fue por ustedes, las amo con todo mi corazón.

A mis hermanas Diana y Nicole por estar presentes cada día, darme ánimos para seguir adelante y siempre confiar en mí.

A mi padre Cesar, que a pesar de la distancia estuvo pendiente con una palabra de aliento y motivación para culminar mi carrera universitaria.

A mi querido esposo Esteban por su amor y apoyo incondicional, me ayudo cada día a superar los obstáculos y así cumplir mi meta.

A toda mi familia, en especial a Azucena, Patricia, Gabriela, Rosa, Julio y Susana, a mis suegros Vinicio y Yolanda que con una muestra de cariño siempre estuvieron presentes en cada ciclo de la universidad, y a mi compañera de tesis Lourdes por su confianza puesta en mi para lograr este anhelado objetivo.

Katherine Vera Balbuca

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios por darme fortaleza en momentos difíciles de mi vida y por sus bendiciones.

A mi amada madre Luz Matilde Bravo Caceres, el pilar fundamental en mi vida, mi ejemplo de esfuerzo y superación ante cualquier adversidad quien con su amor infinito, apoyo incondicional, sacrificio y oraciones nunca me han dejado desfaceller hasta cumplir mi meta más anhelada, estoy eternamente agradecida y orgullosa de ser su hija.

A mi amado padre Jorge Humberto Zhañay Jaigua (+), mi ángel, que desde el cielo me ilumina en cada paso que doy y por el que siempre elevo mis oraciones para que me proteja y me guíe a ser una persona de bien.

A mis queridos hermanos Jorge Eduardo y Janeth Catalina, por su cariño, por siempre estar, por su apoyo y consejos en los buenos y malos momentos a lo largo de este camino.

A mis sobrinas Aracely, Camila y Milena; y mi primo Jimmy, que han sido mi alegría e inspiración para lograr mis objetivos.

A mi amor Andrés Cajilima Brito, por ser mi persona incondicional, por motivarme en todo momento a que lo lograría, por sus consejos, por su sostén, por su tiempo; sobre todo por su sincero y maravilloso amor.

A mis abuelitos, a mi cuñado Gustavo, familiares y amigos que estuvieron presentes en este trayecto de mi vida de una u otra manera; a mi compañera de tesis Katherine por su amistad y compromiso para lograr nuestra meta.

Lourdes Cecilia Zhañay Bravo

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por guiarnos y permitirnos culminar una meta más en nuestra vida. De manera especial a nuestra querida directora de trabajo de titulación, Dra. Gladys Guillermina Pauta Calle Mcs. por su calidad de docente y amiga, por su tiempo, conocimientos compartidos que han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este proceso.

A la Universidad de Cuenca por brindarnos su apoyo para la realización del presente trabajo y por formarnos como profesionales.

De igual manera, agradecemos al personal del Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, a la Dra. Gabriela Vázquez por su guía y tiempo empleado.

Así mismo, a todas las personas que fueron participes de manera directa o indirecta, docentes, amigos y personal de la Universidad de Cuenca que formaron parte de nuestra instrucción académica.

Katherine y Lourdes

Introducción

El agua potable destinada a consumo humano debe cumplir unos requisitos de calidad para garantizar su inocuidad y evitar la transmisión de las enfermedades hídricas que pueden ser de origen químico o microbiológico (Stec et al., 2022); en nuestro país estos requisitos están establecidos en la norma NTE INEN 1108 2020 cuyo cumplimiento es obligatorio tanto para el agua de la red pública como para la almacenada en las cisternas. La falta de agua potable en calidad y cantidad suficientes junto con un saneamiento deficiente, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados contribuyen a la propagación de enfermedades (OMS, 2023; Kauppinen et al., 2019) las cuales representa la causa más importante de morbilidad y mortalidad en todo el mundo (Stec et al., 2022); se estima que alrededor de un millón de personas mueren cada año por esta razón. La principal vía de infección es por ingestión, causando el síntoma más importante de la mayor parte de las enfermedades hídricas: la gastroenteritis; sin embargo, la infección también puede ocurrir de otras formas, como por inhalación, causando enfermedades respiratorias, o por contacto directo dando lugar a diversas lesiones, infección de la piel, los ojos, las membranas mucosas y las heridas (Lamy et al., 2020).

En la Universidad de Cuenca existen 12 unidades de almacenamiento, de las cuales solo 3 se encuentran en funcionamiento. Sin embargo, no se dispone de un programa de mantenimiento de las unidades, no se cuenta con información de los planos de diseño, tampoco se conoce la fecha de su último almacenamiento ni la capacidad de las mismas. Por otro lado, no se tiene definido el uso destinado al agua almacenada: riego de las áreas verdes, uso en los baños y trapeado de los pisos, situaciones de emergencia en caso de incendio, o también para consumo humano.

Administrativamente las cisternas dependen de la unidad a la que están sirviendo, (departamento, biblioteca, facultad, etc.) por lo que el presupuesto para su mantenimiento, el control de calidad de agua y otros aspectos, es su responsabilidad.

De una inspección realizada se detectó el mal estado físico de las cisternas en la mayoría de los campus. La cisterna que sirve a la Facultad de Psicología en el Campus Central, no se encuentra en funcionamiento debido a que la caja de maquina sufrió un daño que aún no ha sido superado, tampoco se conoce el tiempo de no funcionamiento; la cisterna del edificio de Postgrados de la Facultad de Medicina tampoco se encuentra operativa y mantiene almacenado un pequeño volumen de agua.

Esta situación resulta preocupante, es por ello que surge la necesidad de realizar una revisión de la calidad del agua de las cisternas existentes en todos los campus de la universidad, a través de una evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del líquido almacenado, a fin de emitir en primera instancia un diagnóstico de la calidad del agua en las instalaciones tal como se encuentran en el momento actual, y seguidamente proceder a las acciones correctivas a corto y mediano plazo para garantizar un suministro seguro del líquido vital y pueda la Universidad de Cuenca afrontar situaciones de emergencia como: suspensión del servicio por estiaje prolongado, ruptura de tuberías de conducción dentro de los predios, desastres naturales, etc., y pueda inclusive el agua destinarse para consumo humano, siendo éste el uso más delicado, para lo cual deberá cumplir los requisitos de calidad exigidos por la normativa correspondiente (INEN 1108, 2020).

Investigaciones científicas demuestran que las aguas almacenadas en condiciones inadecuadas deterioran su calidad y permiten el desarrollo de microorganismos peligrosos para la salud de los consumidores.

Para la evaluación se seleccionan parámetros representativos de calidad; físicos: color, turbiedad, pH y conductividad; químicos: oxígeno disuelto y cloro residual libre; bacteriológicos: Aerobios mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, y como indicador adicional de calidad, *Pseudomona aeruginosa*.

El presente trabajo se realiza a través de las siguientes etapas: levantamiento de la información; inspección sanitaria de las cisternas; desarrollo de un programa de monitoreo, toma de muestras para el análisis físico-químico y microbiológico, ejecución de ensayos, diagnóstico de la calidad del agua, y finalmente la elaboración del Plan de Vigilancia de la Calidad del agua. Para su ejecución se cuenta con el apoyo de la Unidad de Mantenimiento de la Universidad de Cuenca, previa autorización de la Rectora de la Universidad.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de las cisternas existentes en los campus de la Universidad de Cuenca.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la calidad físico-química del agua de las cisternas existentes en los campus de la Universidad de Cuenca, empleando ciertos indicadores de control: color, turbiedad, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y cloro residual libre.
2. Evaluar la calidad bacteriológica del agua, a través de organismos indicadores como los coliformes fecales.
3. Detectar la presencia de *Pseudomona aeruginosa*, como indicador de calidad complementario.
4. Diagnosticar la calidad físico-química y microbiológica del agua de las cisternas.
5. Establecer un programa de vigilancia de la calidad del agua consumida en la Universidad de Cuenca, que será puesto a consideración de la Unidad de Planificación y el Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional de la institución, de tal manera que el programa acordado tenga el seguimiento respectivo.

Capítulo I: marco teórico

1.1 El agua

El agua es un compuesto fundamental de la naturaleza, presente en la Tierra desde hace más de 3 800 millones de años; ocupa las tres cuartas partes de la superficie del planeta y es considerado un líquido inodoro, incoloro e insípido muy extendido en él. En la Tierra existen alrededor de 1 400 millones de km³, de los cuales el 3% es agua dulce, y los casquetes polares y glaciares de los océanos representan cerca del 70%. La molécula de agua (H₂O) es una molécula angular, consta de dos átomos de hidrógeno unidos mediante enlace covalente a un átomo de oxígeno, compartiendo un par de electrones (Ros, 2010; Larramendi et al., 2021).

El agua puede coexistir como sólido (hielo), líquido y gas (vapor); la estructura de las moléculas de agua y su mecanismo de unión a través de enlaces de hidrógeno, le confiere características físicas y químicas especiales que permiten explicar muchos fenómenos que ocurren en la Tierra; propiedades como: alto calor específico, mayor tensión superficial que cualquier otro líquido, disociación de las moléculas de agua, etc.; hacen de ella una sustancia químicamente muy reactiva, con gran capacidad para disolver otras sustancias, por lo que el agua en la naturaleza siempre contiene ciertas cantidades de solutos, constituyendo el "disolvente universal" (Cerdeiriña, 2022).

En el Ecuador los usos del recurso agua están definidos en la Normativa TULSMA, 2015 (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 1), y especifica los siguientes: consumo humano y uso doméstico, preservación de flora y fauna, uso agrícola, uso pecuario, recreativo contacto primario y secundario, uso industrial, para el transporte y el estético, para lo cual el agua debe cumplir ciertos requisitos de calidad.

1.2 Ciclo del agua

El ciclo natural del agua posibilita la desinfección de la misma; inicia con la evaporación desde la superficie del mar y la tierra; a medida que asciende, se produce la condensación debido a que el aire húmedo se enfría y el vapor se convierte en agua; las gotas se combinan para formar las nubes y luego por precipitación caen. Si el ambiente es muy frío, el agua caerá en forma de nieve o granizo, al contrario, si hace calor, caerán como lluvia. El agua en la naturaleza es utilizada como fuente de vida para diversas actividades humanas, cuyo uso está directamente relacionado con la salud (MSP, 2019).

1.3 Tipos de agua

1.3.1 Agua para consumo humano o agua potable: “Agua utilizada para beber, preparar y cocinar alimentos u otros usos domésticos, independiente del origen y suministro, con características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano”. Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108, 2020).

1.3.2 Agua cruda: “Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas” (NTE INEN 1108, 2014).

1.4 Características del agua

1.4.1 Características físicas

Las propiedades físicas reflejan el contenido químico del agua; muestran los cambios que experimentan las aguas naturales en el tiempo y en el espacio durante los períodos climatológicos (Catalán Lafuente & Catalán Alonso, 1999). Los parámetros más representativos son:

1.4.1.1 Turbidez

Es la cantidad de la materia suspendida en el agua, como: barro, arcilla, materia orgánica y microorganismos, y está influenciada por condiciones estructurales (régimen de flujo y el clima) y sólidos suspendidos totales (TSS) (Meride & Ayenew, 2016). Las partículas causantes de la turbidez protegen a los microorganismos de la desinfección, promueve el crecimiento bacteriano y crea una gran demanda de cloro. Por consiguiente, para garantizar la desinfección, la turbidez del agua debería estar por debajo de 1 Unidad Nefelométrica de Turbiedad (NTU). Para el agua potable, el valor de referencia recomendado es hasta 5 (NTU) o 5 unidades de turbidez Jackson (JTU) (NTE INEN 1108, 2020; OPS, 1988).

1.4.1.2 Color

Generalmente el agua en la naturaleza se colorea debido a la presencia de materia orgánica disuelta (algas y compuestos húmicos) y alguna materia inorgánica como los iones de hierro y manganeso, provenientes de los minerales con los cuales el agua ha establecido contacto; para su medición se compara el color de una muestra de agua con una solución de color estándar o un disco de color. Una unidad de color corresponde al color de una solución de platino (cloroplatinato potásico) de 1 mg/l (Meride & Ayenew, 2016).

El color del agua puede ser aparente y real:

- El color aparente, es el color total de una muestra de agua (agua bruta) e incluye el color procedente de los componentes disueltos y suspendidos (Meride & Ayenew, 2016).
- El color verdadero (real) se mide después de filtrar la muestra de agua para eliminar todos los sólidos en suspensión (Meride & Ayenew, 2016).

El agua potable coloreada, provoca rechazo en los consumidores; el valor establecido en la normativa de referencia es de hasta 15 U.C. (Pt-Co) (NTE INEN 1108, 2020).

1.4.1.3 Temperatura

La temperatura del agua influye en algunas de sus propiedades: reacciones químicas, densidad, gravedad específica, viscosidad, olores, cloración, tensión superficial, conductividad eléctrica, salinidad y solubilidad de los gases disueltos, etc. Generalmente se acepta que la velocidad de reacción se duplica por cada 10° C de incremento en la temperatura. La percepción de la mayoría de los consumidores indica que el agua a una temperatura entre 10 ° C y 15 ° C, es la más agradable (Summers, 2020).

1.4.1.4 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) en realidad mide el proceso iónico por el cual una solución transporta una corriente eléctrica; se expresa como siemens por metro (S/m), pero se utiliza más el microsiemen/cm ($\mu\text{S/cm}$) a 25 °C (Xianhong et al., 2021).

La concentración de iones es directamente proporcional a la conductividad del agua; es decir, está determinada por la cantidad de sólidos disueltos en el agua. La temperatura influye en la solubilidad de las sustancias en el agua, y por tanto también en la conductividad; si el agua contiene ácidos inorgánicos, bases o sales, la conductividad aumenta. El agua pura no es un buen conductor de la electricidad, pero sí un buen aislante. El Decreto N° 32327-S de Costa Rica 2005 el valor de CE para el agua potable no debe exceder los 400 $\mu\text{S/cm}$ (Meride & Ayenew, 2016) (Solís et al., 2018).

La valía de su medición en el control de la calidad del agua potable, es detectar un cambio en la concentración de iones disueltos ligado a una probable contaminación tanto del agua tratada, cuanto del agua cruda (Boyd, 2017). La normativa ecuatoriana no fija valor para este parámetro.

1.4.2 Características químicas

1.4.2.1 Concentración de iones de hidrógeno (pH)

El pH es un parámetro importante que determina el equilibrio ácido-base del agua, y es un indicador de su estado ácido o alcalino; la OMS y la normativa de control, recomiendan un rango entre 6,5 a 8 (Meride & Ayenew, 2016; NTE INEN 1108, 2020).

Valores muy altos o muy bajos no favorecen el consumo del agua potable. Los niveles altos de pH pueden transmitir un sabor amargo al agua y reduce la eficacia de la desinfección con cloro, requiriendo dosis adicionales. La solubilidad de oxígeno disuelto en el agua aumenta con el nivel de pH; y un valor bajo en cambio puede corroer o disolver metales y otras sustancias; el pH ácido del agua aumenta la solubilidad de los metales de las superficies con las cuales está en contacto; por ejemplo puede disolver cadmio, plomo, zinc, cromo y otros, presentes en tuberías de hierro galvanizado empleados en la distribución del agua potable; aspecto importante debido a la toxicidad crónica que puede producirse por el consumo continuo de dosis pequeñas de estos elementos a través del agua potable (Summers, 2020).

1.4.2.2 Cloro residual

La cloración del agua potable es importante para matar o inactivar microorganismos patógenos y de esta manera garantizar su inocuidad dentro de la red de distribución; no obstante, debido a su elevado poder oxidante el cloro puede reaccionar con el amoníaco, con agentes reductores presentes en el agua como el hierro, el manganeso, el azufre y alguna materia orgánica (APHA/WEF/AWWA, 1992), por lo que se requiere el ajuste necesario de su dosis.

De acuerdo a la OPS/CEPIS, 2002, la determinación del cloro residual (libre o combinado) es un indicador rápido de la calidad microbiológica del agua a consumir; la repentina desaparición de un residual mínimo de cloro que de otro modo sería estable, puede indicar contaminación. Es necesario una concentración mínima de cloro a lo largo de la red de distribución; su desaparición paulatina puede indicar una alta demanda de oxidantes en el agua o en las tuberías debido al crecimiento bacteriano. Se requiere un análisis in situ para determinar la turbidez y el cloro residual, que cambian rápidamente durante el transporte y el almacenamiento. El cloro residual generalmente se mide con un espectrofotómetro o un kit de prueba de colorímetro (Summers, 2020; OMS, 2018). La normativa de referencia establece un valor de 0,3 a 1,5 mg/l (NTE INEN 1108, 2020).

1.4.2.3 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) refleja el estado general de los cuerpos de agua; ya que niveles bajos, impiden el desarrollo de las especies acuáticas y representan condiciones de anaerobiosis; un valor inferior a 1 mg/l indica un nivel alto de contaminación (Summers, 2020); 6 mg/l es el límite en el que la mayoría de los organismos pueden sobrevivir. La cantidad real de oxígeno disuelto varía con la presión, la temperatura y la salinidad del agua y su presencia en el agua potable contribuye al sabor agradable de la misma. Hay tres procedimientos fundamentales para medir la concentración de oxígeno disuelto: colorimétrico (rápido y económico), valoración de Winkler (método tradicional) y método electrométrico (OPS/OMS/MSP, 2013). La norma TULSMA 2015 fija el valor de OD superior a 6 mg/l para las fuentes destinadas a consumo humano.

1.4.3 Características microbiológicas

El agua potable debe estar libre de microorganismos causantes de enfermedades hídricas. Para garantizar que los suministros cumplan con este requisito es fundamental llevar a cabo un estricto control de calidad tanto dentro de la planta de tratamiento así como a través de la red de distribución; el mayor riesgo que presenta el agua potable dentro de la red y en las casas dentro de los tanques de almacenamiento, es su probable contaminación con materia fecal procedente de los seres humanos y de los animales de sangre caliente, y con ello el riesgo de la presencia de bacterias patógenas causantes de las enfermedades hídricas; los organismos indicadores más usados con este fin, son el grupo coliforme y los coliformes fecales (*Escherichia coli*) (OPS, 1988).

1.4.3.1 Bacterias coliformes

Incluyen un amplio grupo de bacterias que se encuentran en el ambiente; ciertos tipos de coliformes también se hallan en las heces humanas y animales. Los coliformes totales incluyen una variedad de bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, gram negativas, no esporulados, capaces de desarrollarse en altas concentraciones de sales biliares en donde fermentan la lactosa y generan ácido o aldehído en 24 horas a una temperatura entre 35°-37°C. Los coliformes producen beta-galactosidasa como parte de la fermentación de la lactosa; la detección de estas bacterias se utiliza a menudo como indicador de la calidad de la higiene. El grupo coliforme incluyen las especies *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*; para los humanos la mayoría de los tipos de coliformes son inofensivos, sin embargo, cuando el agua transporta estas bacterias algunas de ellas son capaces de causar síntomas leves y otras pueden provocar enfermedades graves (Swistock, 2020).

Hay dos métodos tradicionales relativamente simples para la determinación de los coliformes: el método probabilístico del número más probable, expresado como (NMP/100 ml) y el método de Filtración por membrana expresado como unidades formadoras de colonias (UFC/100 ml); basados en la producción de ácido a partir de lactosa o β -galactosidasa. Los coliformes totales no deben estar presentes luego de la desinfección; la presencia de estos organismos en el agua indica un tratamiento inadecuado, o una desinfección defectuosa. Los coliformes totales en el sistema de distribución y en el agua de almacenamiento puede revelar un nuevo crecimiento y formación de biopelículas o contaminación debido a la entrada de materias extrañas, como suelo o plantas (OMS, 2018; Swistock, 2020). La norma NTE INEN 1108 2006 establece un nivel de coliformes totales expresados NMP/100 ml, menor a 2.

1.4.3.2 Coliformes fecales

Los coliformes termotolerantes (CTE) o coliformes fecales, llamados así por su capacidad para resistir temperaturas de hasta 45°C; están representados principalmente por *E. coli* del 90-100%, y con una menor frecuencia por: *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Los coliformes fecales están presentes en los desechos humanos y animales, por tanto, ingresan al organismo a través de las aguas residuales y de la escorrentía del estiércol; elevados niveles de coliformes fecales en los cuerpos de agua reflejan alta probabilidad de la presencia de microorganismos patógenos (Larrea et al., 2013; Breen et al., 2018).

E. coli se diferencia de otros coliformes termotolerantes en su capacidad para producir indol a partir de triptófano o para producir beta-glucuronidasa. Se utiliza medio EC para la determinación de coliformes fecales para estudios de contaminación de arroyos, aguas naturales, sistemas de tratamiento de aguas residuales, aguas de baño, agua de mar y control general de la calidad del agua de todo tipo (Larrea et al., 2013). La NTE INEN 1108, 2020 fija la ausencia de bacterias coliformes fecales.

1.4.3.3 Pseudomonas aeruginosa

Forma parte de la familia Pseudomonadaceae, es un bacilo gramnegativo aerobio con flagelo polar. Si se cultiva en el entorno idóneo produce piocianina, un pigmento azul claro que no emite fluorescencia; varias cepas de igual manera elaboran el pigmento verde fluorescente pioverdina; produce catalasa, oxidasa y amoníaco a partir de la arginina y puede desarrollarse con citrato como fuente de carbono (Briancesco et al., 2020).

Es un microorganismo ambiental común que se puede encontrar en las heces, en el suelo, en aguas naturales, y en aguas residuales, en concentraciones que van desde 10/100mL hasta >1.000/100ml (Correa et al., 2015); puede propagarse en ambientes acuáticos y sobre superficies de material orgánico adecuado que entren en contacto con el agua. Se han aislado

en una variedad de ambientes húmedos como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y jacuzzis (OMS, 2018; Tarazi et al., 2021).

P. aeruginosa es un importante patógeno oportunista que con alguna frecuencia y bajo ciertas condiciones se ha aislado del agua potable y vive en diversos entornos, como el agua y el suelo (Rattanakul & Oguma, 2018); es responsable de infecciones nosocomiales como la fibrosis quística; es portador de genes altamente resistentes a la acción de los desinfectantes y forman una biopelícula en el agua corriente mediante la producción de lipoproteínas y glicoproteínas extracelulares, lo que dificulta la difusión del cloro residual y la inactivación de los microorganismos en las capas internas de la biopelícula, dando como resultado una recontaminación del agua, que lo convierte en el contaminante más frecuente en la producción de agua potable. Se detecta fácilmente en condiciones de agua estancada y puede multiplicarse en tanques de reserva, aireadores de grifos y plantas de tratamiento de agua potable doméstica (Wei et al., 2020; Briancesco et al., 2020).

Muchos factores influyen en su crecimiento y desarrollo, como: el material de las tuberías de distribución, la disponibilidad de nutrientes en el agua, el caudal, el pH, la dureza, la temperatura y la presencia de desinfectantes. La adaptabilidad de *P. aeruginosa* a diferentes entornos y la capacidad de prosperar en condiciones donde las biopelículas son comunes se debe a su capacidad para utilizar nitrato en lugar de oxígeno como aceptor de electrones. Así mismo, puede crecer o sobrevivir fermentando arginina o piruvato sin oxígeno, nitrato y nitrito. La formación de biopelículas representa un peligro para los humanos, porque pueden provocar la liberación de bacterias patógenas como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* y *Cryptosporidium parvum*. Una vez formadas, las biopelículas son difíciles de eliminar de los sistemas de agua artificial, ya sea mediante biodispersantes (sustancias químicas que alteran las biopelículas) o físicamente antes de la desinfección. Se recomienda lavar las tuberías con aire comprimido y agua como uno de los métodos más efectivos (Vukić et al., 2021). La norma ISO 16266:2006, indica que el agua potable debe estar exenta de *Pseudomonas aeruginosa*.

1.5 Calidad del agua

El agua destinada a consumo humano debe ser estéticamente aceptable y químicamente segura; esto significa que no debe tener sustancias tóxicas para la salud, ni microorganismos patógenos causantes de enfermedades hídricas (Ortiz, 2020).

Las entidades prestadoras del servicio deben asegurar que el agua que suministran cumpla con los estándares de calidad exigidos para el agua destinada a consumo humano, para lo cual han desarrollado sistemas de gestión de la calidad que les permita un manejo integral

de todos los componentes de un sistema de abastecimiento, empezando por el área de la captación, pasando por la conducción, la planta de tratamiento, y la red de distribución (Shi et al., 2022).

Los tanques de agua frecuentemente se vinculan con crecimientos microbianos y el deterioro de la calidad del agua por el estancamiento; las altas temperaturas ambientales, la mezcla inadecuada, las reacciones fisicoquímicas y bioquímicas, la formación de biopelículas, así como la acumulación de sedimentos en estanques, son las causas más frecuentes de este deterioro de la calidad (Zhang et al., 2021). No obstante, debido a que es muy común y necesario el almacenamiento del agua en tanques o cisternas para satisfacer la demanda sobre todo en situaciones de desabastecimiento, algunas normativas y organismos internacionales plantean como indicador de calidad adicional *Pseudomona aeruginosa*, aunque también se han propuesto algunos otros organismos en esta condición (Wen et al., 2020).

Para determinar de manera confiable la presencia de patógenos, la calidad del agua debe ser monitoreada por indicadores de contaminación fecal aprobados por estándares internacionales y nacionales (Lugo et al., 2020; Almeida et al., 2012; García & Lannacone, 2014).

1.6 Enfermedades transmitidas por el agua

El crecimiento explosivo de la población y la complejidad asociada a las áreas densamente pobladas, como el aumento de desechos, de aguas residuales y otros contaminantes, constituyen una verdadera amenaza en la producción del agua potable (Ríos et al., 2017).

La OMS (2018) expresa que muchas enfermedades están relacionadas con la transmisión de patógenos infecciosos a través del consumo de agua contaminada. La existencia o el incremento de bacterias en las aguas crudas que son las fuentes de abastecimiento, a menudo es una consecuencia directa o indirecta de los cambios climáticos y demográficos, como la expansión, el desarrollo industrial y la eliminación inadecuada de desechos humanos y animales; por lo tanto, los sistemas de tratamiento implementados deben garantizar la eliminación de estos microorganismos. El agua para necesidades humanas y domésticas no debe contener patógenos; la mayoría de las enfermedades hídricas siguen una ruta de transmisión fecal-oral, que causan síntomas diarreicos en humanos (Bashar, 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), afirma que el agua contaminada puede causar enfermedades como: cólera, disentería, hepatitis A, esquistosomiasis, fiebre tifoidea y poliomielitis, entre otras, que están vinculadas a la falta de calidad del agua potable. Unas

485 000 personas mueren cada año a causa de la diarrea provocada por el agua potable contaminada.

Se ha encontrado a *Pseudomona* en instrumentos de destilación, grifos de agua potable, tanques, cisternas, redes de abastecimiento de agua potable, mostrando que puede sobrevivir y reproducirse en aguas desinfectadas. La bacteria tiene mayor resistencia al cloro en relación a otros microorganismos aislados del agua; asimismo, su propiedad trascendental es la capacidad de inhibir las bacterias coliformes, por lo que es probable disponer de agua con un índice de coliformes de cero, pero que fueron inhibidos por microorganismos del género *Pseudomonas*. Otras especies de *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Proteus*, *Bacillus*, *Actinomyces* y algunos géneros de *Saccharomyces* son microorganismos que afectan la detección de coliformes debido a su papel inhibitorio. Por lo tanto, se ha estimado que incluso si el agua tratada está libre de bacterias coliformes, no se puede garantizar su idoneidad para el uso (Ríos et al., 2017).

P. aeruginosa rara vez causa una enfermedad más grave en personas sin factores predisponentes. Los grupos de riesgo incluyen recién nacidos, pacientes con neutropenia, quemaduras o SIDA, pacientes que utilizan dispositivos invasivos, diabéticos con heridas no tratadas, pacientes con afecciones pulmonares y con lesiones oculares. La vía principal de infección es el contacto con tejidos sensibles (especialmente heridas y mucosas) con agua contaminada o instrumental quirúrgico contaminado. Puede transmitirse entre pacientes, a través de las manos de los trabajadores de la salud o por contacto directo con el agua del grifo o de un cuerpo de agua (Vukić et al., 2021).

Capítulo II: metodología

2.1 Tipo de investigación

Estudio observacional, descriptivo y cuantitativo.

2.2 Área de estudio

La Universidad de Cuenca está ubicada en el Cantón de su mismo nombre en la provincia del Azuay; fue fundada en el año de 1 867 y es la casa de estudios superiores más antigua del Austro Ecuatoriano. Al momento actual cuenta con 12 facultades, 32 carreras, y 5 campus, donde están ubicados laboratorios y espacios de investigación para dar servicio a una población universitaria constituida por 15 315 estudiantes, 1 082 docentes, 392 servidoras/es, y 185 trabajadoras/res.

2.3 Ubicación y selección de las estaciones de muestreo

El proyecto se ubica en la provincia del Azuay, cantón Cuenca-Ecuador, Universidad de Cuenca, con sus 5 campus (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

El total de unidades a evaluar son doce; estos almacenamientos tienen una capacidad de 10 a 12 m³ aproximadamente.

Campus	Facultad / dependencia	N° de Cisternas	Observaciones
Central	Arquitectura	1	Los demás equipamientos de este campus se proveen directamente de la red pública; la cisterna de la facultad de psicología no está en funcionamiento.
	Psicología	1	
	Filosofía	1	
	Biblioteca	1	
Yanuncay	Agronomía	1	
	Veterinaria		
Centro Histórico	Ciencias de la Hospitalidad	2	Una cisterna y un tanque de reservorio de 1,5 m ³ .
Eco – campus (Balzay)	Ciencias Químicas	4	
	Ingeniería		
	Edificios Administrativos		
Paraíso	Ciencias Médicas	1	
	Odontología	1	

Tabla 1. Ubicación y número de cisternas por campus.

La evaluación de la calidad del agua consumida en la Universidad de Cuenca debe contemplar también la suministrada directamente desde la red pública; por lo tanto, se procedió a captar muestras de las mismas dependencias en donde se localizan las cisternas, pero directamente de los grifos de los baños existentes en esos equipamientos.

2.4 Programa de monitoreo

El estudio se realizó en un periodo de 8 semanas; se realizaron 4 monitoreos de cada cisterna dando un total de 48 muestras recolectadas; en todas las muestras se practicaron los análisis físico-químico y microbiológico por duplicado, es decir se procesaron 96 muestras. Adicionalmente se captaron igual número de muestras de los grifos de agua de las dependencias, en las cuales se realizaron el análisis microbiológico y el cloro residual libre (tabla 2).

El número de muestras a tomarse en cada cisterna (4) se basa en el hecho de que la composición del agua potable almacenada no cambia significativamente a menos que esté sometida a condiciones extremas de deterioro; por lo tanto, una sola muestra de cada cisterna sería interpretable porque debería cumplir siempre los requisitos de calidad establecidos; se toman cuatro muestras con un intervalo de 15 días entre ellas, tiempo suficiente para detectar alguna variación en la calidad.

Cisterna N°	Campus	Facultad / Departamento	Período de muestreo	N° de Muestras De la cisterna	N° de muestras del grifo
C01	Paraíso	Postgrado Medicina	22-30 de mayo/2023	1	1
C02	Paraíso	Odontología	22-30 de mayo/2023	1	1
C03	Balzay	Bloque A (Administración)	22-30 de mayo/2023	1	1
C04	Centro Histórico	Bodega	22-30 de mayo/2023	1	1
C05	Centro Histórico	Tanque	22-30 de mayo/2023	1	1
C06	Central	Filosofía	22-30 de mayo/2023	1	1
C07	Yanuncay	Agronomía	22-30 de mayo/2023	1	1
C08	Central	Postgrado Arquitectura	22-30 de mayo/2023	1	1
C09	Central	Biblioteca	22-30 de mayo/2023	1	1
C10	Balzay	Edificios Trillizos	22-30 de mayo/2023	1	1
C11	Balzay	Bloque B (Aulario I)	22-30 de mayo/2023	1	1
C12	Balzay	Bloque C (Aulario II)	22-30 de mayo/2023	1	1
C01	Paraíso	Postgrado Medicina	5-13 de junio/2023	1	1
C02	Paraíso	Odontología	5-13 de junio/2023	1	1
C03	Balzay	Bloque A (Administración)	5-13 de junio/2023	1	1
C04	Centro Histórico	Bodega	5-13 de junio/2023	1	1
C05	Centro Histórico	Tanque	5-13 de junio/2023	1	1
C06	Central	Filosofía	5-13 de junio/2023	1	1
C07	Yanuncay	Agronomía	5-13 de junio/2023	1	1
C08	Central	Postgrado Arquitectura	5-13 de junio/2023	1	1
C09	Central	Biblioteca	5-13 de junio/2023	1	1
C10	Balzay	Edificios Trillizos	5-13 de junio/2023	1	1
C11	Balzay	Bloque B (Aulario I)	5-13 de junio/2023	1	1

C12	Balzay	Bloque C (Aulario II)	5-13 de junio/2023	1	1
C01	Paraíso	Postgrado Medicina	19-27 de junio/2023	1	1
C02	Paraíso	Odontología	19-27 de junio/2023	1	1
C03	Balzay	Bloque A (Administración)	19-27 de junio/2023	1	1
C04	Centro Histórico	Bodega	19-27 de junio/2023	1	1
C05	Centro Histórico	Tanque	19-27 de junio/2023	1	1
C06	Central	Filosofía	19-27 de junio/2023	1	1
C07	Yanuncay	Agronomía	19-27 de junio/2023	1	1
C08	Central	Postgrado Arquitectura	19-27 de junio/2023	1	1
C09	Central	Biblioteca	19-27 de junio/2023	1	1
C10	Balzay	Edificios Trillizos	19-27 de junio/2023	1	1
C11	Balzay	Bloque B (Aulario I)	19-27 de junio/2023	1	1
C12	Balzay	Bloque C (Aulario II)	19-27 de junio/2023	1	1
C01	Paraíso	Postgrado Medicina	3-11 de julio/2023	1	1
C02	Paraíso	Odontología	3-11 de julio/2023	1	1
C03	Balzay	Bloque A (Administración)	3-11 de julio/2023	1	1
C04	Centro Histórico	Bodega	3-11 de julio/2023	1	1
C05	Centro Histórico	Tanque	3-11 de julio/2023	1	1
C06	Central	Filosofía	3-11 de julio/2023	1	1
C07	Yanuncay	Agronomía	3-11 de julio/2023	1	1
C08	Central	Postgrado Arquitectura	3-11 de julio/2023	1	1
C09	Central	Biblioteca	3-11 de julio/2023	1	1
C10	Balzay	Edificios Trillizos	3-11 de julio/2023	1	1
C11	Balzay	Bloque B (Aulario I)	3-11 de julio/2023	1	1

C12	Balzay	Bloque C (Aulario II)	3-11 de julio/2023	1	1
Total de muestras recolectadas				48	48
Total de muestras procesadas				96	96

Tabla 2. Programa de monitoreo.

2.5 Toma de muestra

En cada cisterna se tomaron dos porciones, una para el análisis físico-químico en frasco de plástico de 2 litros mediante las normas y otra para el análisis microbiológico en recipiente de vidrio estéril de 500 ml, que contiene 0,5 ml de tiosulfato de sodio al 3% para neutralizar el efecto bactericida del cloro libre residual mediante la norma; las muestras se recolectaron directamente a 30 centímetros por debajo del nivel del agua, para las mediciones de cloro residual libre, pH, color, turbiedad, y el análisis microbiológico; para el oxígeno disuelto y la conductividad la profundidad de la toma fue de 1 metro aproximadamente. Para la toma de muestras de agua de los grifos de cada facultad y/o dependencia, se desinfectó la llave de agua flameando la misma y dejando correr el agua de 3 a 5 minutos antes de su captación. Las técnicas empleadas para todas las determinaciones están descritas en “Métodos normalizados para el análisis de aguas y residuales de APHA., AWWA., & WPCF. (1992)”; edición 21.

El oxígeno disuelto, la conductividad y el cloro residual libre, se midieron in situ; los frascos fueron etiquetados con el código de cada cisterna y/o grifo, con la fecha correspondiente. Finalmente, las muestras fueron transportadas en un cooler con hielo a 4° C hasta el Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, ubicado en el campus Central (APHA/WEF/AWWA, 1992).

2.6 Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos tapa rosca. • Pipetas • Puntas estériles • Campanas Durham • Lámpara de alcohol • Gradillas • Pinza • Asa para cultivo • Vasos de precipitación • Varillas de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro-Colorímetro HACH 2100AN • Multiparamétrico-YSI • Conductímetro-YSI Modelo 30 • Oxígeno disuelto-YSI Modelo 55 • Incubadora - MEMMERT. • Autoclave vertical RAYPA • Refrigerador Indurama 	<ul style="list-style-type: none"> • Caldo lauril sulfato - Merck • Caldo verde brillante bilis lactosa - Merck. • Caldo EC- TM Media • Tiosulfato de Sodio pentahidratado- Merck • Agar nutritivo - Merck • Biosart 100 Media - Cetrímide Broth, acc,

- | | | |
|--|---|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Frascos de vidrio • Cajas Petri de vidrio • Placas Petri de plástico de 47 mm. • Membranas de filtración de 0,45 um. • Recipientes de plástico | <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica - METTLER TOLEDO • Contador de colonias QUEBEC 3325 • Agitador Magnético HEIDOLPH • Baño Maria- MEMMERT WNB-10 • Cabina de flujo laminar LABCONCO • Sistema de embudos de acero inoxidable con compresor para el proceso de filtración por membrana. | to EP and USP |
|--|---|---------------|

Tabla 3. Materiales, equipos y reactivos.

2.7 Métodos y técnicas de los parámetros físicos

2.7.1 Determinación de color: Método espectrofotométrico

La determinación de color se realizó mediante el método acoplado en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. 1 unidad coloreada Pt-Co = 1 mg/l de platino como ion cloroplatinado.

El color real se obtiene al filtrar la muestra de agua, y para determinar el color aparente se usa el agua sin filtrar y en caso de requerir dilución se utilizará agua desionizada. El procedimiento se observa en la Figura 2.

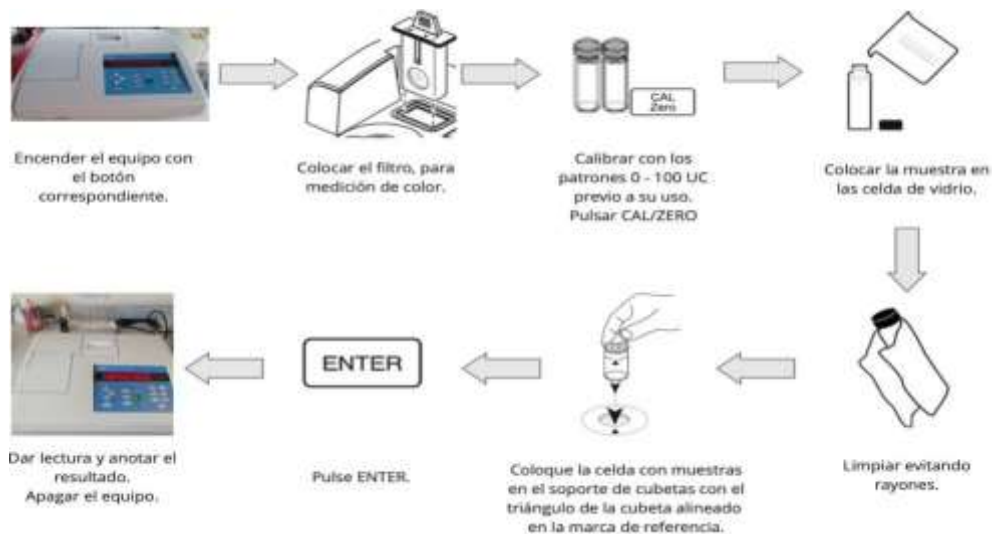


Figura 2. Determinación de color.

2.7.2 Determinación de pH: Método potenciométrico

El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno mediante un potenciómetro, el mismo que consta de un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia y un dispositivo para compensar la temperatura. Se realizó mediante el método acoplado en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 3.



Figura 3. Determinación de pH.

2.7.3 Determinación de turbiedad: Método nefelométrico

El método se fundamenta en la determinación del turbidímetro de Jackson. La turbidez del agua purificada puede estar entre 0 y 1 unidad. El turbidímetro consta de un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más fotodetectores con una lectura externa que indica la intensidad de la luz dispersada en un ángulo de 90° con respecto a la trayectoria de la luz incidente. Se realizó mediante el método acoplado en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 4.

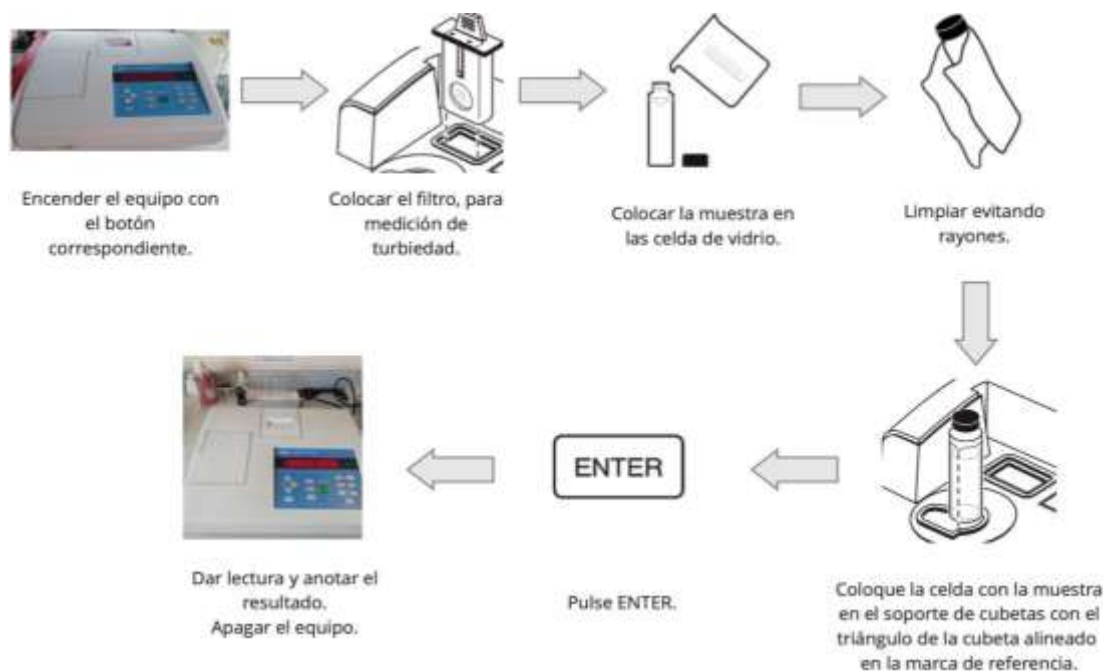


Figura 4. Determinación de turbiedad.

2.7.4 Determinación de la conductividad eléctrica: Método electrométrico

La conductividad expresa la capacidad de una solución para conducir corriente eléctrica; depende de la existencia y concentración de iones, su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura medida. En el Sistema Internacional de Unidades (SIU) la conductividad se expresa en milisiemens por metro (mS/m); 1 mS/m = 10 mmhos/cm. Una conductividad eléctrica del agua por encima de 800 µS/cm, no la hace apta para consumo humano, porque puede transmitirle sabor desagradable. Se usó el método acoplado en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 5, y reporta además el correspondiente valor de temperatura.

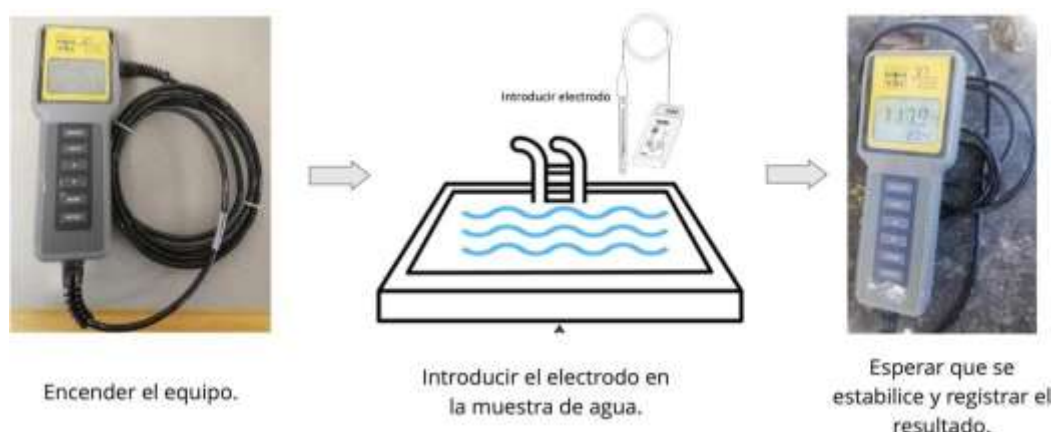


Figura 5. Determinación de la conductividad eléctrica.

2.8 Métodos y técnicas de los parámetros químicos

2.8.1 Determinación de cloro residual libre: Método colorimétrico

El cloro aplicado al agua en forma molecular se somete a una hidrólisis preliminar para producir ácido hipocloroso e iones de hipoclorito. Las proporciones relativas de estas formas de cloro libre dependen del pH y la temperatura. El pH de la mayoría de los cuerpos de agua está dominado por el ácido hipocloroso y los iones. Se usó el método de la ortotolidina acoplado en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 6.



Figura 6. Determinación del cloro residual.

2.8.2 Determinación de oxígeno disuelto: Método de electrodo de membrana

Este método consiste en un sensor cubierto por una membrana de plástico permeable al oxígeno que actúa como una barrera contra las impurezas. El OD es directamente proporcional a la corriente en condiciones de equilibrio. Debido a que los electrodos de membrana son completamente sumergibles, son apropiados para el análisis in situ. Se realizó mediante el método de electrodo de membrana establecido en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 7, y reporta además el correspondiente valor de temperatura.

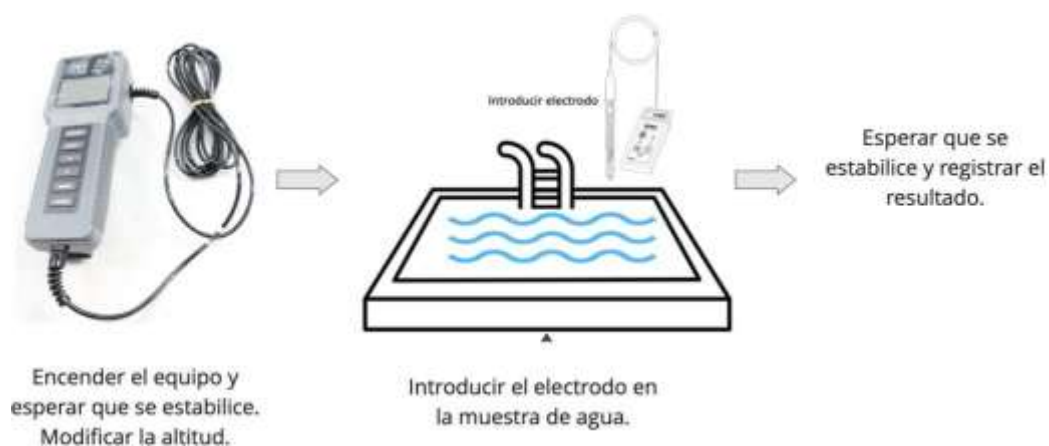


Figura 7. Determinación de oxígeno disuelto.

2.9 Métodos y técnicas de los parámetros microbiológicos

2.9.1 Técnica analítica para la determinación de coliformes totales y fecales por tubos múltiples mediante el Número más probable (NMP/100 ml)

Por lo general, se informan los resultados de las pruebas de coliformes realizadas por fermentación en tubos múltiples utilizando el número más probable (NMP) como un índice que registra el número de bacterias coliformes que es más probable que contribuyan a los resultados obtenidos en el ensayo; así que no es un número real. Se aplicó la técnica establecida en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. El procedimiento se observa en la Figura 8.

Las pruebas estándar de coliformes empleando la técnica de los tubos múltiples, es un procedimiento estadístico basado en el número de tubos positivos y negativos de una serie de diluciones sucesivas. Se selecciona un código de tres dígitos que corresponde a un valor del NMP/100 ml, de acuerdo con la Tabla de referencia (Anexo B).

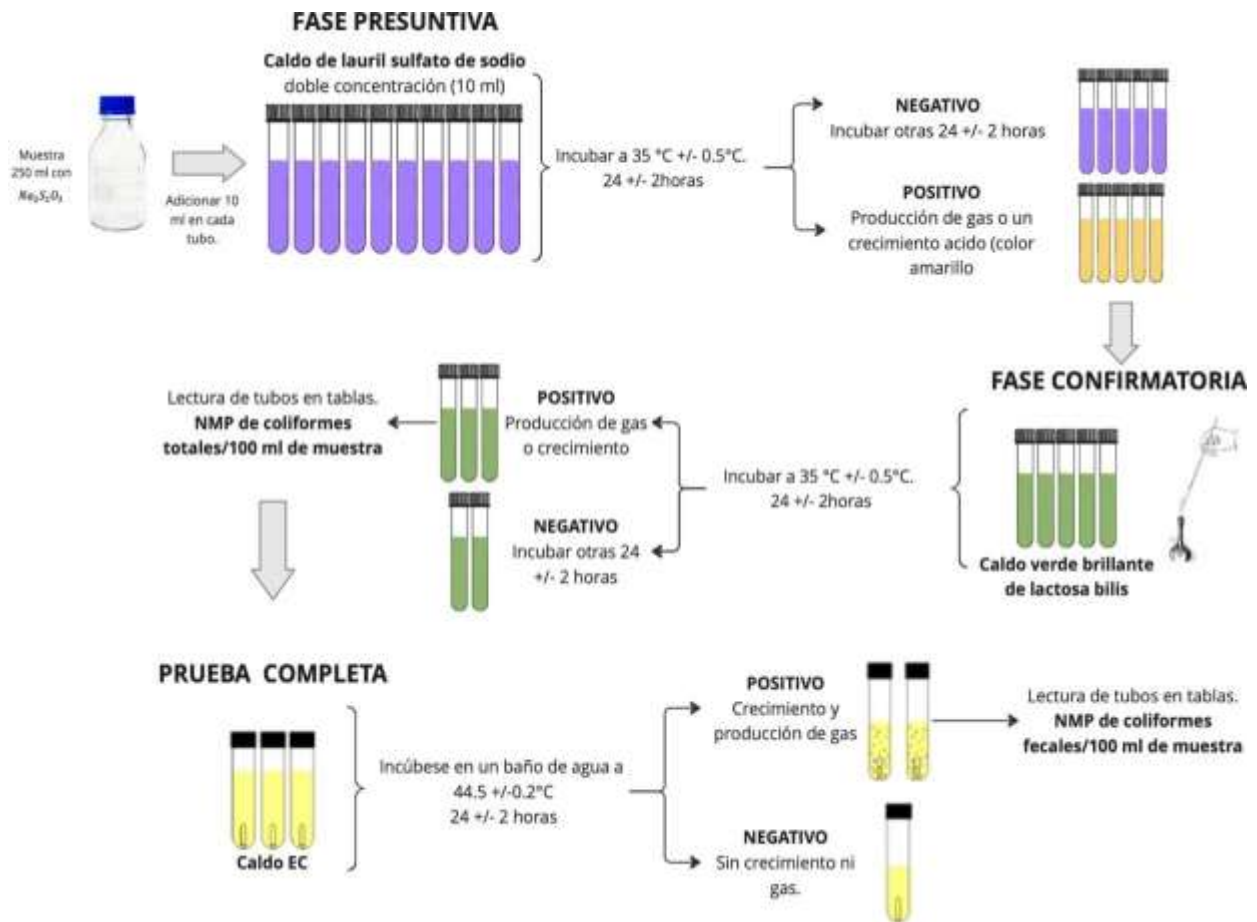


Figura 8. Determinación de coliformes totales y fecales.

2.9.2 Recuento de los gérmenes aerobios mesófilos - recuento en placa: Método Siembra a profundidad

Este examen es uno de los más frecuentemente utilizados en el estudio de la calidad bacteriológica del agua destinada a consumo humano, tanto del agua cruda o bruta, a la salida de una planta de tratamiento, en la red de distribución, o en el mismo grifo del consumidor. En un agua bruta, un número elevado de gérmenes no es obligatoriamente indicativo de una mala calidad; lo que importa, sobre todo, son las eventuales variaciones de este recuento sobre las muestras realizadas en circunstancias atmosféricas variables. En un agua tratada, es posible admitir que a la salida de la estación la casi totalidad de gérmenes ha desaparecido debido a este tratamiento: un pequeño contenido de bacterias es un testimonio de su eficacia. En la distribución, un aumento neto de este contenido puede hacer dudar de la protección de la red y debe atraer la atención del responsable de su conservación.

Según Rodier 1981, el método más empleado para los análisis de agua de alimentación es la siembra en profundidad tomando como medio de cultivo la gelosa; la norma INEN de

referencia en sus últimas ediciones ya no establece límite para este indicador. El procedimiento se observa en la Figura 9.

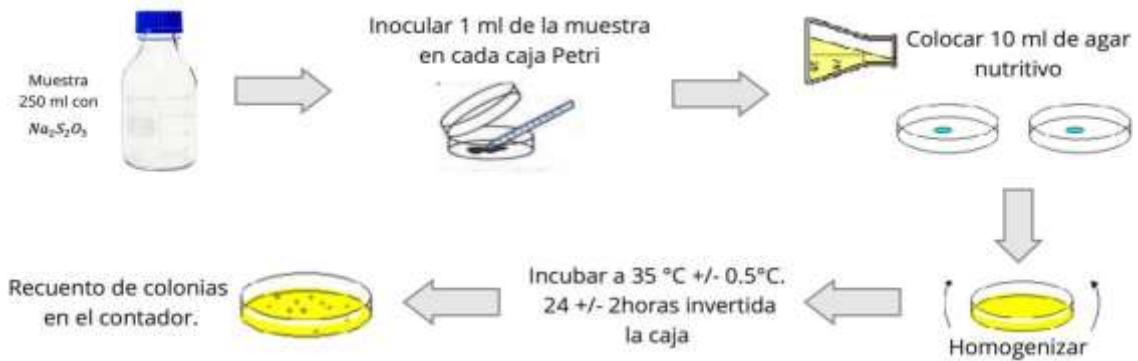


Figura 9. Recuento de gérmenes aerobios mesófilos.

2.9.3 Técnica analítica para la determinación de *Pseudomona aeruginosa*: Método de la siembra sobre medio gelosado (filtración sobre membranas)

Utilización de medio selectivo, específico del cultivo de *Pseudomona aeruginosa* sembrando en superficie. Recuento directo de las colonias. Se filtra 100 ml de agua si se trata de un agua destinada a la alimentación, se deposita la membrana en la superficie de una “gelosa a la cetrimida y al ácido nalidíxico”. Incubar a $37\text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas. En este momento las colonias de *Pseudomona aeruginosa* tienen un diámetro de 1,5 a 2 mm, contorno circular, superficie lisa y brillante, color blanco crema, aspecto mucoso y a veces ya están acompañadas de una producción de pigmento azul-verde que empieza a difundir (Rodier, 1981). El procedimiento se observa en la Figura 10.

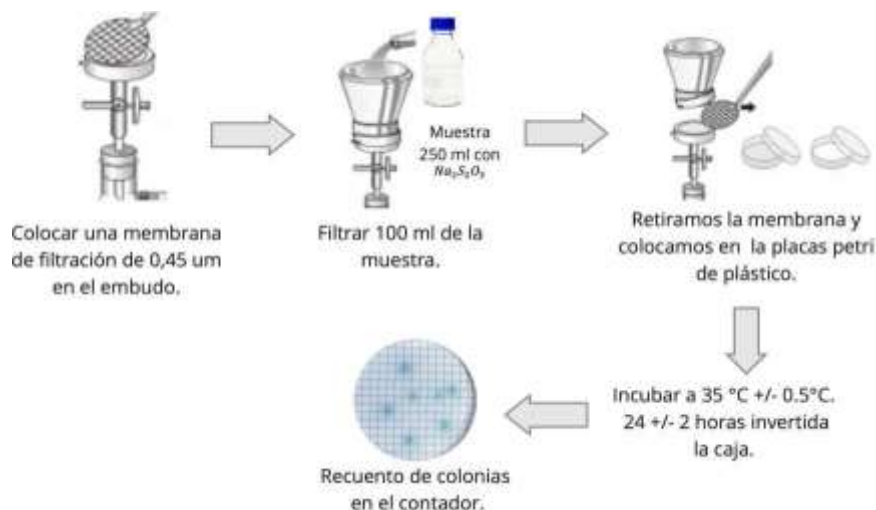


Figura 10. Determinación de *Pseudomona aeruginosa*.

Capítulo III: resultados y análisis

3.1 Tabla de referencia de para el análisis de resultados.

Parámetro		Valor	Norma
Físico	Conductividad	Hasta 400 μ S/cm	Decreto N° 32327-S Costa Rica 2005
	Color	15 Pt-Co	INEN 1108:2020
	Turbiedad	5 NTU	INEN 1108:2020
Químico	Oxígeno disuelto	> 6m g/L	TULSMA, 2015
	Cloro residual libre	0,3 – 1,5 mg/L	INEN 1108:2020
	pH	6,5 – 8	INEN 1108:2020
Microbiológico	Coliformes totales	< 2 NMP/100ml	INEN 1108:2006
	Coliformes fecales	Ausencia	INEN 1108:2020
	Aerobios mesófilos	Hasta 100 UFC/ml	NOM-041-SSA1-1993
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Ausencia	ISO 16266:2006

Tabla 4. Tabla de valores de referencia.

3.2 Análisis estadístico de datos

Para el análisis estadístico se tomaron los datos presentados en el ANEXO A (Resultados físico-químico y microbiológicos por monitoreo) mediante el programa de Microsoft Excel 2019 para la obtención del promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (σ).

3.2.1 Análisis estadístico de los parámetros físico-químicos de las cisternas

Código	Datos estadísticos n=4	Conductividad (μ S/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)
C01	\bar{x}	164,275	17,7	4,5125	17,275	-	6,75	8,02925	1,1075
	σ	13,0196	0,93	0,260	0,690	-	0,957	0,284	0,839
C02	\bar{x}	119,775	19,525	3,805	19,625	-	4,75	7,9555	0,46725
	σ	6,423	0,299	0,323	0,275	-	2,754	0,321	0,175
C03	\bar{x}	104,89	19,05	3,98	19,075	-	9,5	7,59	0,92775
	σ	7,020	0,238	0,418	0,275	-	5,745	0,312	0,154
C04	\bar{x}	138,45	16,525	4,875	17,35	-	5,25	8,57975	1,40425
	σ	11,854	0,096	0,688	1,502	-	0,500	0,263	0,941
C05	\bar{x}	80,9	15,125	5,9575	15,225	1,375	3,5	7,17625	0,43725
	σ	5,953	0,574	0,215	0,640	0,250	0,577	0,234	0,169
C06	\bar{x}	135,525	19,575	2,89	19,25	-	9	9	0,9105
	σ	1,075	0,250	0,278	0,436	-	0,816	0,122	0,274
C07	\bar{x}	98,55	16,475	4,4075	16,425	-	5,25	7,763	0,5705
	σ	2,787	0,486	0,324	0,403	-	1,258	0,248	0,111
C08	\bar{x}	96,2	18,45	4,7475	18,2	-	8,5	7,4325	0,69525
	σ	7,269	0,870	0,759	0,365	-	1,291	0,224	0,156

C09	\bar{x}	103	16,35	5,6175	16,4	0,3875	5	7,4875	0,6655
	σ	9,740	0,311	0,639	0,294	0,293	0,816	0,246	0,087
C10	\bar{x}	142,475	18,075	4,3125	18,25	-	4,25	7,79575	2,13375
	σ	29,929	0,189	0,274	0,252	-	1,708	0,457	2,201
C11	\bar{x}	111,5	17,2	3,3025	17,2	-	11,25	7	2,16
	σ	7,621	0,432	0,336	0,294	-	1,708	0,298	1,179
C12	\bar{x}	114,05	17,925	4,7925	17,925	-	8,75	7,654	2,21925
	σ	1,630	0,532	0,514	0,759	-	0,957	0,386	2,899

Tabla 5. Análisis estadístico de los parámetros físico-químicos de las cisternas.

Los resultados de los análisis físico-químicos presentan poca dispersión en todas las cisternas, sus desviaciones estándar están dentro de los rangos permitidos para cada parámetro, según la técnica utilizada.

3.2.2 Análisis estadístico de los parámetros microbiológicos de las cisternas

Código	Datos estadísticos n=4	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml
C01	\bar{x}	9,58	0,00	102,75	3367,125
C02	\bar{x}	16,75	1,14	47,13	2671,75
C03	\bar{x}	2,14	0,55	38,75	1172,25
C04	\bar{x}	1,14	0,14	53,875	381,125
C05	\bar{x}	0	0	0,38	10
C06	\bar{x}	1,55	3,75	124,125	2468,5325
C07	\bar{x}	0,55	0,00	4,89	115,50
C08	\bar{x}	2,09	0,69	64,50	1828,125
C09	\bar{x}	0,28	0,14	2,75	382,00
C10	\bar{x}	3,23	0,73	12,13	637,50
C11	\bar{x}	8,81	1,73	104,13	3475,25
C12	\bar{x}	2,09	0,75	68,63	668,88

Tabla 6. Análisis estadístico de los parámetros microbiológicos de las cisternas.

En los ensayos microbiológicos, la desviación es mucho mayor porque también el crecimiento biológico es más errático. En términos generales, los recuentos de los coliformes totales y fecales son bajos y propios de agua almacenada por mucho tiempo; los recuentos en placa de aerobios mesófilos son relativamente altos y característicos de agua en mal estado de conservación; lo que llama la atención son los recuentos elevados de *Pseudomona aeruginosa* denotando las condiciones favorables para su desarrollo.

Si se establece una relación estadística entre los niveles de *Pseudomona* y los parámetros físico-químicos, se observa: una ligera tendencia de disminución de las bacterias a medida que aumenta la concentración de oxígeno; igual relación con la conductividad del agua, lo

que significaría que un ambiente más salino restringe su crecimiento; no hay relación alguna con el color del agua; con la turbiedad hay una relación positiva, por eso este parámetro tiene un significado sanitario, los microorganismos se escudan en las partículas de la turbiedad; con el pH del agua la relación es inversa, al subir el pH la concentración de bacterias disminuye. Todas las tendencias indicadas son ligeras, no observándose una fuerte asociación entre variables, lo que significa que la bacteria no es exigente para su desarrollo, requiriendo condiciones favorables mínimas, pero esto indica también la alta vulnerabilidad del agua almacenada.

Las relaciones estadísticas entre las variables biológicas no son muy significativas; los coliformes totales y las bacterias mesófilas, siempre estarán presentes cuando el agua está sometido a un almacenamiento defectuoso; los coliformes fecales representan un contacto del agua con la materia fecal; un aspecto importante, es la presencia de Pseudomona en ausencia de coliformes fecales, lo que significaría un falso negativo de contaminación fecal y por tanto el cumplimiento de la normativa, cuando en realidad lo que puede estar ocurriendo es la inhibición de los coliformes fecales debido a la capacidad de Pseudomona para generar este efecto.

3.2.3 Resultados y análisis físico-químicos de las cisternas, por campus

Para facilitar el análisis de los datos, se han agrupado las cisternas por campus, en la suposición de que el agua de alimentación proviene de la misma red.

3.2.3.1 Campus Paraíso

C01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
22/05/23	9:10	183,7	18,2	4,68*	18,3	-*	8	8,374*	2,36	SI CUMPLE
05/06/23	9:17	159,6	18,7	4,13*	17	-*	6	8,15*	0,578	SI CUMPLE
19/06/23	9:30	156,5	17,3	4,67*	17	-*	6	7,789	0,756	SI CUMPLE
03/07/23	9:22	157,3	16,6	4,57*	16,8	-*	7	7,804	0,736	SI CUMPLE

Tabla 7. Resultados fisicoquímicos cisterna 01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina.

C02 - Campus Paraíso: Odontología										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020

22/05/23	9:30	129,4	19,9	3,76*	19,9	-*	8	8,357*	0,434	SI CUMPLE
05/06/23	9:38	116,6	19,6	4,18*	19,8	-*	6	8,061	0,235	SI CUMPLE
19/06/23	9:30	116,2	19,2	3,40*	19,3	-*	3	7,768	0,574	SI CUMPLE
03/07/23	9:45	116,9	19,4	3,88*	19,5	-*	2	7,636	0,626	SI CUMPLE

Tabla 8. Resultados fisicoquímicos cisterna 02 - Campus Paraíso: Odontología.

*No cumple normas presentadas en la tabla 4.

Se observa uniformidad en los datos en ambas cisternas, con alguna diferencia en el monitoreo del 22 de mayo; la fuente de alimentación no es la misma, o por efecto de evaporación en la cisterna C01 la solución se concentra; la diferente conductividad muestra un agua más mineralizada para la cisterna que abastece el edificio del postgrado de Medicina; no obstante se cumplen los requisitos físicos (color, turbiedad, temperatura) para agua destinada a consumo humano; el pH más alto en ambas cisternas se obtiene en los primeros muestreos y debido probablemente a que al levantar la tapa, se elimina el CO₂ disuelto y acumulado por largo tiempo; pero en los muestreos posteriores disminuye la concentración de CO₂, y paulatinamente el pH desciende; el oxígeno disuelto se consume en el agua almacenada y por eso disminuye con respecto al del agua de ingreso (matriz pública), dañando el sabor del agua, y aunque este parámetro no está normado, no es una condición deseable un oxígeno menor a 6 mg/l.

3.2.3.2 Campus Balzay

C03 - Campus Balzay: Bloque A- Administrativo										
Fecha	Hora	Conductividad (US)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
22/05/23	10:00	110,06	18,8	4,42*	18,9	-*	11	7,881	1,14	SI CUMPLE
05/06/23	10:05	98,4	18,9	3,51*	18,8	-*	13	7,836	0,795	SI CUMPLE
19/06/23	10:00	111,8	19,3	4,23*	19,4	-*	13	7,362	0,835	SI CUMPLE
03/07/23	10:10	99,3	19,2	3,76*	19,2	-*	1	7,281	0,941	SI CUMPLE

Tabla 9. Resultados fisicoquímicos cisterna 03 - Balzay: Bloque A- Administrativo.

C10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
30/05/23	9:15	153,3	18,2	4,68*	18,5	-*	6	8,223*	5,36*	SI CUMPLE

13/06/23	9:15	120,0	18,1	4,31*	18,3	-*	5	7,59	0,582	SI CUMPLE
27/06/23	9:10	179,9	18,2	4,24*	18,3	-*	2	8,12*	0,903	SI CUMPLE
11/07/23	9:17	116,7	17,8	4,02*	17,9	-*	4	7,25	1,69	SI CUMPLE

Tabla 10. Resultados fisicoquímicos cisterna 10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos.

C11- Campus Balzay: Bloque B- Aulario I										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
30/05/23	9:35	122,9	17,2	3,78*	17,2	-*	13	8	3,84	SI CUMPLE
13/06/23	9:40	106,9	17,8	3,29*	17,6	-*	12	7,39	2,12	SI CUMPLE
27/06/23	9:37	108	16,8	3,03*	16,9	-*	9	7,395	1,3	SI CUMPLE
11/07/23	9:30	108,2	17	3,11*	17,1	-*	11	6,936	1,38	SI CUMPLE

Tabla 11. Resultados fisicoquímicos cisterna 11 - Campus Balzay: Bloque B - Aulario I.

C12- Campus Balzay: Bloque C - Aulario II										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
30/05/23	9:55	114,8	17,8	4,09*	17,3	0,1*	10	8	6,56*	SI CUMPLE
13/06/23	10:00	113,8	17,5	5,02*	17,5	-*	9	7	1	SI CUMPLE
27/06/23	10:05	111,9	17,7	5,29*	17,9	-*	8	7,914	0,986	SI CUMPLE
11/07/23	9:58	115,7	18,7	4,77*	19	-*	8	7,295	0,769	SI CUMPLE

Tabla 12. Resultados fisicoquímicos cisterna 12 - Campus Balzay: Bloque C - Aulario II.

*No cumple normas presentadas en la tabla 4.

La fuente de alimentación de los edificios de los trillizos es diferente de las otras tres cisternas, o experimenta mayor nivel de evaporación y por eso la solución se concentra; en la cisterna del Bloque B (Aulario I), el oxígeno disuelto es el parámetro que no cumple, alrededor de 3 mg/l; ninguna cisterna presenta cloro residual libre.

3.2.3.3 Campus Centro Histórico

C04 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Bodega										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020

23/05/23	9:15	156,2	16,6	5,28*	19,6	-*	6	8,772*	0,347	SI CUMPLE
06/06/23	9:38	131,7	16,6	4,02*	16,6	-*	5	8,815*	1,11	SI CUMPLE
20/06/23	9:15	132,5	16,5	5,56*	16,7	-*	5	8,257*	2,60	SI CUMPLE
04/07/23	9:10	133,4	16,4	4,64*	16,5	-*	5	8,475*	1,56	SI CUMPLE

Tabla 13. Resultados fisicoquímicos cisterna 04 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Bodega.

C05 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Tanque										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
23/05/23	9:30	89,5	15,9	6,28	16,1	1*	4	7,473	0,662	SI CUMPLE
06/06/23	9:50	80,1	15,2	5,84*	15,3	1,5	4	7,006	0,471	SI CUMPLE
20/06/23	9:36	76,2	14,8	5,86*	14,8	1,5	3	7,252	0,318	SI CUMPLE
04/07/23	9:30	77,8	14,6	5,85*	14,7	1,5	3	6,974	0,298	SI CUMPLE

Tabla 14. Resultados fisicoquímicos cisterna 05 - Campus Centro histórico: Hospitalidad - Tanque.

*No cumple normas presentadas en la tabla 4.

En la bodega el agua esta almacenada por largo plazo, el agua se va evaporando y la solución se va concentrando, por eso se observa mayor conductividad con respecto al tanque; los parámetros físicos se cumplen en al menos dos parámetros; el pH en el área de Bodega está por encima del rango permitido, condición usual del agua almacenada por mucho tiempo y en estas condiciones se alteran los equilibrios químicos normales produciendo precipitación del carbonato de calcio; oxígeno disuelto disminuido en ambas cisternas pero más evidente en la Bodega, en la cual tampoco hay cloro residual libre.

3.2.3.4 Campus Central

C06 - Campus Central: Filosofía										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
23/05/23	10:00	134,2	19,9	3,3*	18,6	-*	10	9*	1,04	SI CUMPLE
06/06/23	10:20	136,0	19,6	2,82*	19,4	-*	9	9,18*	1,23	SI CUMPLE
20/06/23	10:10	135,2	19,3	2,75*	19,5	-*	9	9,127*	0,633	SI CUMPLE
04/07/23	10:00	136,7	19,5	2,69*	19,5	-*	8	9,375*	0,739	SI CUMPLE

Tabla 15. Resultados fisicoquímicos cisterna 06 - Campus Central: Filosofía.

C08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
29/05/23	9:50	92,7	18,3	5,45*	18,4	-*	7	7,59	0,679	SI CUMPLE
12/06/23	10:00	92,3	18,1	3,72*	18,6	-*	8	7,581	0,816	SI CUMPLE
26/06/23	9:55	107,1	19,7	5,11*	18	-*	9	7,449	0,806	SI CUMPLE
10/07/23	10:05	92,7	17,7	4,71*	17,8	-*	10	7,11	0,48	SI CUMPLE

Tabla 16. Resultados fisicoquímicos cisterna 08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura.

C09 - Campus Central: Biblioteca										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
29/05/23	10:10	108,7	16,7	6,56	16,7	0,15*	5	7,663	0,749	SI CUMPLE
12/06/23	10:20	92	16,5	5,33*	16,5	0,15*	5	7,734	0,729	SI CUMPLE
26/06/23	10:25	113,3	16,2	5,43*	16,4	0,5	6	7,29	0,613	SI CUMPLE
10/07/23	10:28	98	16	5,15*	16	0,75	4	7,263	0,571	SI CUMPLE

Tabla 17. Resultados fisicoquímicos cisterna 09 - Campus Central: Biblioteca.

*No cumple normas presentadas en la tabla 4.

Diferente grado de mineralización; parámetros físicos si cumplen en todas las cisternas; en Filosofía pH fuera de rango establecido y condiciones críticas de oxígeno disuelto; en Arquitectura mayores niveles de oxígeno, pero ausencia de cloro residual libre; y en la biblioteca el agua está más aireada lo que significa un reciente almacenamiento y mayor recirculación, siendo la única en el campus central que presenta cloro residual libre.

3.2.3.5 Campus Yanuncay

C07- Campus Yanuncay: Agronomía										
Fecha	Hora	Conductividad (uS/cm)	T° (°C)	O. disuelto (mg/l)	T° (°C)	Cloro residual libre (mg/l)	Color (UC)	pH	Turbiedad (NTU)	Según Norma INEN 1108:2020
29/05/23	9:18	97,50	17,1	4,17*	16,9	-*	5	7,874	0,679	SI CUMPLE
12/06/23	9:30	98,70	16,2	4,88*	16,2	-*	4	7,992	0,611	SI CUMPLE
26/06/23	9:25	95,70	16	4,23*	16	-*	5	7,768	0,574	SI CUMPLE

10/07/23	9:30	102,3	16,6	4,35*	16,6	-*	7	7,418	0,418	SI CUMPLE
----------	------	-------	------	-------	------	----	---	-------	-------	-----------

Tabla 18. Resultados fisicoquímicos cisterna 07 - Campus Yanuncay: Agronomía.

*No cumple normas presentadas en la tabla 4.

Calidad física aceptable, deficiencia de oxígeno disuelto, y ausencia de cloro residual libre.

3.2.4 Resultados y análisis microbiológicos de las cisternas, por campus.

3.2.4.1 Campus Paraíso

C01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
22/05/23	3,65*	0	136*	851*	CUMPLE
05/06/23	12,6*	0	73,5	4594*	CUMPLE
19/06/23	14*	0	150,5*	5719,5*	CUMPLE
03/07/23	8,05*	0	51	2304*	CUMPLE

Tabla 19. Resultados microbiológicos cisterna 01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina.

C02 - Campus Paraíso: Odontología					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
22/05/23	14*	1,1	35,5	730*	NO CUMPLE
05/06/23	16*	1,1	54,5	2416*	NO CUMPLE
19/06/23	17,5*	2,35	34,5	3421*	NO CUMPLE
03/07/23	19,5*	1,1	64	4120*	NO CUMPLE

Tabla 20. Resultados microbiológicos cisterna 02 - Campus Paraíso: Odontología.

*No cumple normas adicionales presentadas en la tabla 4.

Área de Medicina presenta un recuento en placa significativo y además *Pseudomona aeruginosa*, lo que representa un deterioro de la calidad microbiológica.

Área de Odontología. Calidad bacteriológica objetable; contaminación fecal, probable cruce de tuberías de agua, o ingreso de agua de río.

3.2.4.2 Campus Balzay

C03 - Campus Balzay. Bloque A- Administrativo					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
22/05/23	1,65	0,55	5,5	393,5*	NO CUMPLE
05/06/23	2,35*	0,55	36,5	1242*	NO CUMPLE
19/06/23	2,9*	0,55	7	1444*	NO CUMPLE
03/07/23	1,65	0,55	106*	1609,5*	NO CUMPLE

Tabla 21. Resultados microbiológicos cisterna 03 - Campus Balzay: Bloque A - Administrativo.

C10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
30/05/23	3,65*	0,55	33	748*	NO CUMPLE
13/06/23	5,25*	2,35	7,5	227,5*	NO CUMPLE
27/06/23	1,1	0	2,5	214*	CUMPLE
11/07/23	2,9*	0	5,5	1360,5*	CUMPLE

Tabla 22. Resultados microbiológicos cisterna 10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos.

C11 - Campus Balzay: Bloque B – Aulario I					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
30/05/23	8,05*	2,35	52	690*	NO CUMPLE
13/06/23	9,45*	2,35	192*	9094,5*	NO CUMPLE
27/06/23	7,15*	1,65	110,5*	1581*	NO CUMPLE
11/07/23	10,6*	0,55	62	2535,5*	NO CUMPLE

Tabla 23. Resultados microbiológicos cisterna 11 - Campus Balzay: Bloque B - Aulario I.

C12 - Campus Balzay: Bloque C – Aulario II					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
30/05/23	4,35*	1,35	149,5*	696,5*	NO CUMPLE
13/06/23	2,35*	1,65	40,5	1262,5*	NO CUMPLE
27/06/23	1,1	0	2,5	214*	CUMPLE

11/07/23	0,55	0	82	502,5*	CUMPLE
----------	------	---	----	--------	--------

Tabla 24. Resultados microbiológicos cisterna 12 - Campus Balzay: Bloque C- Aulario II.

*No cumple normas adicionales presentadas en la tabla 4.

Calidad bacteriológica no cumple en todas las áreas, pero la condición más crítica se observa en el Bloque A (administrativo) y en el Bloque B (Aulario I), ya que en todos los monitoreos hay contaminación fecal y los recuentos de *Pseudomona aeruginosa* son los más elevados del campus.

3.2.4.3 Campus Centro histórico

C04 - Campus Centro histórico: Bodega					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
23/05/23	2,35*	0	70	195*	CUMPLE
06/06/23	0,55	0	89,5	655*	CUMPLE
20/06/23	0,55	0	52,5	246,5*	CUMPLE
04/07/23	1,1	0	3,5	428*	CUMPLE

Tabla 25. Resultados microbiológicos cisterna 04 - Campus Centro histórico: Bodega.

C05 - Campus Centro histórico: Tanque					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
23/05/23	0	0	1	12*	CUMPLE
06/06/23	0	0	0,5	10*	CUMPLE
20/06/23	0	0	0	0	CUMPLE
04/07/23	0	0	0	0	CUMPLE

Tabla 26. Resultados microbiológicos cisterna 05 - Campus Centro histórico: Tanque.

*No cumple normas adicionales presentadas en la tabla 4.

Área Bodega; calidad microbiológica aceptable, pero mala conservación del agua; con coliformes, recuento en placa y presencia de *Pseudomona*; a diferencia del Tanque, de calidad aceptable, ausencia de todos los indicadores.

3.2.4.4 Campus Central

C06 - Campus Central: Filosofía					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
23/05/23	2,9*	0	309*	1170*	CUMPLE
06/06/23	1,1	0	97	4305,5*	CUMPLE
20/06/23	0,55	0	77	4379*	CUMPLE
04/07/23	1,65	0	13,5	19,63*	CUMPLE

Tabla 27. Resultados microbiológicos cisterna 06 - Campus Central: Filosofía.

C08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
29/05/23	2,2*	0,55	227,5*	542*	NO CUMPLE
12/06/23	2,9*	1,1	25	2327*	NO CUMPLE
26/06/23	1,65	1,1	1,5	1913,5*	NO CUMPLE
10/07/23	1,6	0	4	2530*	CUMPLE

Tabla 28. Resultados microbiológicos cisterna 08 - Campus Central: Postgrado Arquitectura.

C09 - Campus Central: Biblioteca					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
29/05/23	0,55	0	0,5	71*	CUMPLE
12/06/23	0,55	0	9,5	1452*	CUMPLE
26/06/23	0	0	1	5*	CUMPLE
10/07/23	0	0	0	0	CUMPLE

Tabla 29. Resultados microbiológicos cisterna 09 - Campus Central: Biblioteca.

*No cumple normas adicionales presentadas en la tabla 4.

Calidad objetable; todas las áreas presentan coliformes fecales en algún monitoreo, siendo más crítica en la Facultad de Arquitectura que la exhiben en todos; todas las cisternas presentan *Pseudomona aeruginosa*, incluso en ausencia de coliformes fecales.

3.2.4.5 Campus Yanuncay

C07 - Campus Yanuncay: Agronomía					
Fecha	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Aerobios Mesófilos UFC/1 ml	<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC/100 ml	Según NORMA INEN 1108:2020
29/05/23	1,1	0	3	205*	CUMPLE
12/06/23	0,55	0	5,55	12,5*	CUMPLE
26/06/23	0,55	0	11	237,5*	CUMPLE
10/07/23	0	0	0	7*	CUMPLE

Tabla 30. Resultados microbiológicos cisterna 07 - Campus Yanuncay: Agronomía.

*No cumple normas adicionales presentadas en la tabla 4.

Calidad microbiológica, aceptable por norma, pero con presencia de coliformes en recuentos no significativos y presencia de *Pseudomonas* en ausencia de coliformes fecales.

3.2.5 Resultados de los análisis de agua de los Grifos de todas las dependencias en donde se ubican las cisternas.

El objetivo de los análisis en los grifos de agua, era conocer la calidad del agua distribuida directamente desde la red pública para comparar con la calidad del agua almacenada en las cisternas; se observa la ausencia total de todos los indicadores microbiológicos usados, y esto se relaciona directamente con la presencia de cloro residual libre, lo que demuestra la acción del bactericida; la concentración del cloro se encuentra dentro de los rangos establecidos por la normativa de referencia.

En cuanto a las características físicas, todas las muestras presentan un color menor a 10 UC; turbiedad menor a 1,2 NTU, son inodoras y de sabor agradable, lo que es debido a la presencia de oxígeno disuelto que está en niveles superiores a la saturación: 8-9 mg/L.

Las principales causas del deterioro se resumen así: largos períodos de almacenamiento que provoca disminución de la concentración de oxígeno, descenso de cloro residual libre, incremento del pH, incremento de turbiedad y color; situación que altera los equilibrios químicos normales del agua provocando precipitación de sustancias y cambios en las características organolépticas, como sabor y olor. Este cambio físico-químico de la solución acuosa y debido al mal mantenimiento de las cisternas que permiten el ingreso de materia orgánica a través de residuos de vegetación, basura, polvo, etc., generan un ambiente propicio para el desarrollo de bacterias coliformes, bacterias mesófilas y *Pseudomona aeruginosa*, tornándola al agua peligrosa para el consumo humano.

Pero la situación preocupante es el hecho de que en casi todas las cisternas se desarrolla *Pseudomonas aeruginosa*; en algunos casos en ausencia de coliformes fecales y presencia de cloro residual libre; ausencia que puede deberse a que fueron inhibidos por *Pseudomonas*, denotando un falso cumplimiento de la normativa, o realmente el agua está libre de contaminación fecal; y la presencia de *Pseudomonas* aún en presencia de cloro, evidencia la alta resistencia de la bacteria a los procesos comunes de desinfección.

Con este antecedente es imperativo sugerir a los organismos de control, la identificación de *Pseudomonas aeruginosa* como indicador de calidad microbiológica complementario, sobre todo en los reservorios de agua; ya que su alta resistencia a la cloración le permite mantenerse incluso en presencia del desinfectante, como se observa en el tanque del campus Centro Histórico y la Biblioteca en el campus Central; se considera por tanto que, aun cuando las aguas tratadas muestren estar libres de coliformes fecales, no se puede asegurar su potabilidad.

Capítulo IV: discusión

Normalmente los estudios de evaluación de la calidad del agua potable en cisternas y/o reservorios, no considera la determinación de *Pseudomonas aeruginosa*, porque no es un parámetro de control normado; por ejemplo un estudio realizado en 8 cisternas de la Universidad Politécnica Nacional en Quito, utilizando un Índice de calidad ICA, ubicó al agua en un rango de “excelente”, pero no investigó *Pseudomonas aeruginosa* (Imbaquingo & Mendoza, 2018); otra evaluación en reservorios de agua de un centro poblado en Lima-Perú, muestra que el 97,8% de las muestras fueron positivas para coliformes totales, y un 34,8% lo fueron para *Escherichia coli*; no obstante las operaciones de limpieza continua de los reservorios mejoraron los resultados (Chacmana & Blas, 2019); la bacteria puede estar ausente en presencia de coliformes totales y fecales como se observa en el estudio de (Reñé, 2015).

Los resultados obtenidos en este estudio realizado en la Universidad de Cuenca indican que el agua potable suministrada directamente desde la red pública tiene calidad físico-química y microbiológica aceptable; y coinciden con los obtenidos en un estudio realizado en la Universidad de Cuenca en el 2015, Calderón & Orellana (2015) y aunque las muestras se captaron en otros puntos de monitoreo y no se determinó *Pseudomonas aeruginosa*, en general la calidad fue catalogada como aceptable, excepto pocos sitios que merecieron alguna revisión; no obstante varios estudios reportan la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua potable; en Colombia, se procedió al análisis microbiológico del agua de consumo en 20 centros educativos; las muestras se captaron en los grifos, bebederos y filtros; los resultados mostraron que el 84% de las muestras analizadas tenían coliformes totales, el 72% coliformes fecales y un 73% presentaron Pseudomonas (Ríos & Gutiérrez. 2017). De manera similar, un estudio realizado en México mostró la presencia de Pseudomonas en el agua de varias escuelas públicas. A pesar de que estas bacterias pueden formar parte de la microbiota intestinal del ser humano, han sido asociadas a infecciones importantes y en algunos casos expresando resistencia a los antibióticos (Iñiguez et al., 2022).

Finalmente una investigación realizada en los suministros de agua en varios estados de Brasil, arrojaron los siguientes resultados: el 7,6% contienen la bacteria, pero no hay relación significativa con los parámetros físico-químicos: cloro, pH, color, turbidez, nitrato, resultados semejantes al presente estudio; todas las muestras con *Pseudomonas aeruginosa* reportaron concentraciones de cloro entre 0,2 y 2,0 mg/L, según lo exige la legislación brasileña, lo que demuestra la resistencia de esta bacteria a los procesos convencionales de tratamiento; y

aunque no fueron resistentes a los antimicrobianos probados, la mayoría de las cepas aisladas fueron clasificadas como fuertes productoras de biopelículas, enfatizando la necesidad de realizar más estudios relacionados con la calidad del suministro de agua. (Anversa et al., 2019).

Capítulo V: conclusiones y recomendaciones

De los análisis se concluye que ninguna unidad cumple todos los requerimientos de calidad exigidos por la normativa; el agua del tanque de almacenamiento del Centro Histórico podría considerarse la de mejores condiciones para el consumo humano, debido a la recirculación permanente y a las operaciones de mantenimiento que recibe el tanque; las demás cisternas presentan alguna objeción.

Para el diagnóstico de la calidad físico-químico y microbiológica se consideran los términos de “cumple” y “no cumple”, basado únicamente en los parámetros normados en la NTE INEN 1108:2020.

Campus Paraíso

Cisternas en edificios de Postgrado de Medicina y Facultad de Odontología los requisitos de calidad física cumplen (color, turbiedad, temperatura) y químicas no cumple; en Medicina la calidad microbiológica cumple por norma; pero presenta bacterias coliformes, recuento en placa significativo y además *Pseudomona aeruginosa*, lo que representa un deterioro de la calidad microbiológica. En cambio, el área de Odontología la calidad bacteriológica no cumple: contaminación fecal, probable cruce de tuberías de agua, o ingreso de agua de río.

Eco campus (Balzay)

Cisternas de los edificios: Trillizos, Bloque A - Administrativo, Bloque B - Aulario I y Bloque C - Aulario II: no cumple requisitos físicos en todas, excepto en el área administrativa; calidad química y calidad bacteriológica no cumple en todas las áreas; pero la condición más crítica se observa en el Bloque A - Administrativo y en el Boque B Aulario I, ya que en todos los monitoreos hay contaminación fecal y los recuentos de *Pseudomona eruginosa* son los más elevados del campus.

Campus Centro Histórico

Cisterna y un tanque de almacenamiento del campus centro histórico: cumplen calidad física y no cumple la calidad química en la cisterna; cumple la calidad microbiológica en la cisterna, por la mala conservación del agua, presenta coliformes, recuento en placa y presencia de *Pseudomona eruginosa*, a diferencia del Tanque, que si cumple por ausencia de todos los indicadores. El agua del tanque recircula permanentemente y por eso la calidad cumple los requisitos de norma en la mayoría de los monitoreos.

Campus Central

Las cisternas de los Edificios de Postgrados de Arquitectura, Filosofía, y Biblioteca: cumplen la calidad física en todas las cisternas; cumple la calidad química solamente en la Biblioteca; calidad microbiológica no cumple en todas las áreas; presentan coliformes fecales en algún monitoreo, siendo más crítica en Postgrados de Arquitectura; y en todas las cisternas se desarrolla *Pseudomona aeruginosa*, incluso en ausencia de coliformes fecales.

Campus Yanuncay

La cisterna del campus Yanuncay, no cumple la calidad química, cumple con la calidad física y microbiológica por norma, pero con presencia de coliformes en cifras no significativos y presencia de *Pseudomonas*, en ausencia de coliformes fecales.

Agua de los grifos de los cinco campus

Para los grifos de agua de cada facultad o dependencia analizados permiten concluir que cumplen una Calidad Físico-Química y Microbiológica.

Recomendaciones**Acciones a corto plazo**

Se sugiere llevar a cabo las siguientes actividades:

- ✓ Vaciado de todos los tanques para evacuar los sedimentos (lodos).
- ✓ Lavado manual de los tanques, con cepillo y abundante agua potable.
- ✓ Enjuague con soluciones acuosas de cloro de hasta de 2 mg/l.
- ✓ Llenar los tanques con agua clorada y mantenerlos por 12 horas, luego evacuar el contenido para liberar el exceso de cloro.
- ✓ Revisión de las instalaciones: llaves de ingreso, válvulas de desagüe, accesorios, etc., y reposición o reparación de los mismos de ser necesario.
- ✓ Revisar posibles infiltraciones, en la base o en las paredes de los tanques.
- ✓ En caso de infiltraciones, proceder a la impermeabilización utilizando materiales apropiados según el material de las cisternas.
- ✓ Mediciones del nivel freático en los diferentes campus para analizar posibles infiltraciones.
- ✓ Levantar información de las cisternas: capacidad, profundidad, tiempo de llenado, niveles, tiempo de existencia, objetivo del almacenamiento, etc.

- ✓ Verificar las conexiones de las tuberías hacia y desde las cisternas, sobre todo en el campus central en donde debido a la antigüedad de las mismas, deben estar muy deterioradas (hierro galvanizado), poniendo en riesgo la calidad química del agua.
- ✓ Recircular el agua de las cisternas, evitando períodos prolongados de almacenamiento; un almacenamiento recomendado máximo es de 8 días.

Acciones a mediano plazo

Proceder con operaciones de limpieza y mantenimiento de las cisternas, dos veces al año; y como mecanismo de control de la calidad del agua, tres veces al año para cada cisterna, siguiendo el mismo procedimiento que el descrito en el presente estudio.

Para un control de calidad de agua se ha elaborado un Plan de vigilancia de la Calidad del agua consumida en la Universidad de Cuenca presentado en el *ANEXO D*.

Referencias

- Almeida, C., González, S. O., Mallea, M., & González, P. (2012). A recreational water quality index using chemical, physical and microbiological parameters. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(8), 3400-3411. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0865-5>
- Anversa, L., Arantes, R., Garbelotti, M., Ruiz, S., Richini, V., Nogueira, G., Alves S. & Mores, V. (2019). *Pseudomonas aeruginosa* in public water supply. *Water Practice & Technology*. Vol 14 (3). doi: 10.2166/wpt.2019.057
- APHA/WEF/AWWA. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas portables y residuales* (17). Madrid: Díaz de Santos.
- Bashar, S. (2021). From Source Water to Drinking Water: Microbiological Quality Analysis of Water Collected from Two First Nation Communities in Manitoba, Canada. Maestria; no publicada, University of Manitoba, Manitoba-Canada.
- Boyd, C. (2017). Principios y medición de un importante parámetro de producción. Global Seafood Alliance. Disponible en: <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>
- Breen, B., Curtis, J. & Hynes, S. (2018). Water quality and recreational use of public waterways, *Journal of Environmental Economics and Policy*, vol. 7:1, (1-15), DOI: 10.1080/21606544.2017.1335241
- Briancesco, R., Paduano, S., Semproni, M., Vitanza, L., & Bonadonna, L. (2020). Behavior of *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterobacter aerogenes* in Water from Filter Jugs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.17(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph17218263>
- Calderón, C. & Orellana, V. (2015). *Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las Granjas De Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca*. Tesis de grado; no publicada. Cuenca-Ecuador.
- Catalán Lafuente, J. & Catalán Alonso, J. (1999). *Ríos : caracterización y calidad de sus aguas*. Madrid: AUTOR EDITOR 3.
- Cerdeiriña, C. A. (2022). Water's Unusual Thermodynamics in the Realm of Physical Chemistry. *The Journal of Physical Chemistry. B*, 126(35), 6608-6613. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.2c05274>
- Chacmana, E. & Blas, C. (2020). *Evaluación de los parámetros de control obligatorio de la calidad del agua para consumo humano en los reservorios del centro poblado rural rio seco - cieneguilla, marzo – octubre, 2019*. Tesis de grado; no publicada. Lima-Perú

- Correa, K. A., Bravo, M. V., Silva, R. A., & Montiel, M. (2015). Susceptibilidad a antibióticos de *Pseudomonas aeruginosa* aislada de agua de consumo humano de la comunidad Santa Rosa de Agua, Maracaibo, estado Zulia. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, vol. 35(2), 83-88.
- García, L., & Iannacone, J. (2014). *Pseudomonas aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. *The Biologist*, Vol 12 (1), 133-152.
- Imbaquingo, K. & Mendoza, R. (2018). *Evaluación físico-química y microbiológica del agua almacenada en cisternas en la escuela politécnica*. Tesis de grado; no publicada, Quito-Ecuador.
- Iñiguez, L., Anaya, L., Castañeda, A., Martínez, F., Carvajal, M. & Méndez, M. (2022) *Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de Tepatlán, Jalisco*. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, Vol. 8, (15), 20-22.
- ISO 6222. (1999). Calidad del agua: Enumeración de microorganismos cultivables, Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.
- Kauppinen, A.; Pitkänen, T.; Al-Hello, H.; Maunula, L.; Hokajärvi, A.-M.; Rimhanen-Finne, R.; Miettinen, I.T. (2019). Two Drinking Water Outbreaks Caused by Wastewater Intrusion Including Sapovirus in Finland. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 4376. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224376>
- Kaynar, P. M., Demli, F., Orhan, G., & İter, H. (2022). Chemical and microbiological assessment of drinking water quality. *African Health Sciences*, 22 (4), Article 4. <https://doi.org/10.4314/ahs.v22i4.70>
- Lamy, M., Samsverino, I., Niegowska, M, & Lettieri, T. (2020). *Microbiological Parameters under the Drinking Water Directive*. Luxembourg: European Union.
- Larramendi, E., Millán, G., & Plana, M. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *16 de Abril*, 60 (259), 854. Disponible en: http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854
- Larrea, J. A., Rojas, M. M., & Romeu, B. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 44(3), 24-34.
- Lugo, J. L., Lugo, E. R., & Puente, M. de la. (2020). A systematic review of microorganisms as indicators of recreational water quality in natural and drinking water systems. *Journal of Water and Health*, Vol. 19(1), 20-28. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.179>
- Meride, Y. & Ayenwe, B. (2016). Drinking water quality assessment and its effects on residents health in Wondo genet campus, Ethiopia. *Environ Syst Res*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/s40068-016-0053-6>

- MSP (2019). *Guía de Agua Segura*. Recuperado 19 de julio de 2023, de <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>
- NOM-041-SSA1. (1993). Bienes Y Servicios. Agua Purificada Envasada. Especificaciones Sanitarias. Obtenido de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/041ssa13.html>
- NOM-127-SSA1. (1994). "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Obtenido de https://www.pediatria.gob.mx/archivos/burbuja/13.4_NOM-127-SSA1-1994_Salud_Ambiental_Agua_limites_permisibles_de_calidad.pdf
- NTE INEN 1108. (2020). Agua para consumo humano. Requisitos. Obtenido de <https://studylib.net/doc/25540804/agua-potable-n-inen-1108-6-marzo-2020>
- NTE INEN 1108. (2014). Agua potable. Requisitos. Obtenido de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf> INEN 2014
- OMS. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (4). Ginebra: OMS.
- OMS. (2019). *Sistemas nacionales para apoyar el agua potable: Saneamiento e higiene: Informe de estado global: Análisis y evaluación global de ONU-Agua sobre saneamiento y agua potable: Informe GLAAS 2019*. Organización Mundial de la Salud.
- OMS (2023). Agua para consumo humano. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OPS. (1988). Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. *Guías para la calidad del agua potable*. OPS. Vol. 3. (4-5)
- OPS/CEPIS. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Obtenido de: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ROJAS%202002%20Guías%20vigilancia.pdf
- OPS/OMS/MSP. (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua*. Acciones para garantizar agua segura a la población. República Dominicana: OPS.
- Rattanukul, S., & Oguma, K. (2018). Inactivation kinetics and efficiencies of UV-LEDs against *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms. *Water Research*, Vol. 130, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.047>
- Reñé Panadés, A. (2015) "Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la República de la Argentina" *Memòria Treball Fi de Grau*. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Ríos, S., Agudelo, R. M., & Gutiérrez, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, Vol. 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Ríos, Y. & Gutiérrez, I. (2017). Determinación de la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* SPP y *Pseudomonas* SPP en el agua de consumo de 20 centros Educativos de tres Municipios de Norte de Santander. Cúcuta: Universidad de Santander.
- Rodier, J. (1981). *Análisis de las aguas*. Barcelona: Omega, S.A.
- Ros, A. (2010). *EL AGUA*. Recuperado 19 de julio de 2023, de https://www.academia.edu/31354888/EL_AGUA_pdf
- Shi, Z.; Chow, C.W.K.; Fabris, R.; Liu, J. & Jin, B. (2022). Applications of Online UV-Vis Spectrophotometer for Drinking Water Quality Monitoring and Process Control: A Review. *Sensors*, Vol. 22 (8), 2987. <https://doi.org/10.3390/s22082987>
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Stec, J.; Kosikowska, U.; Mendrycka, M.; Stępień-Pyśniak, D.; Niedźwiedzka-Rystwej, P.; Bębnowska, D.; Hryniewicz, R.; Ziętara-Wysocka, J.; Grywalska, E. (2022). Opportunistic Pathogens of Recreational Waters with Emphasis on Antimicrobial Resistance—A Possible Subject of Human Health Concern. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 7308. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127308>
- Summers, J. K. (2020). *Water Quality: Science, Assessments and Policy*. Croacia: IntechOpen.
- Swistock, B. (2020). Agua. Bacterias Coliformes. Obtenido de: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>.
- Tarazi, Y. H., Abu-Basha, E., Ismail, Z. B., & Al-Jawasreh, S. I. (2021). Antimicrobial susceptibility of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated from drinking water and hospitalized patients in Jordan. *Acta Tropica*, vol 217, 105859. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105859>
- TULSMA (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua libro VI anexo 1. Ecuador.
- Varó, P., & Segura, M. (2009). Curso de manipulador de agua de consumo humano. (2009 Universidad de Alicante, Ed.). Alicante.
- Vukić, D., Maestro, N., Cenov, A., Lušić, D., Smolčić, K., Tolić, S., Maestro, D., Kapetanović, D., Marinac-Pupavac, S., Tomić Linšak, D., Linšak, Ž., & Glad, M. (2021). Occurrence

- of *P. aeruginosa* in Water Intended for Human Consumption and in Swimming Pool Water. *Environments*, Vol. 8 (12), 132. <https://doi.org/10.3390/environments8120132>
- Wei, L., Wu, Q., Zhang, J., Guo, W., Gu, Q., Wu, H., Wang, J., Lei, T., Xue, L., Zhang, Y., Wei, X., & Zeng, X. (2020). Prevalence, Virulence, Antimicrobial Resistance, and Molecular Characterization of *Pseudomonas aeruginosa* Isolates From Drinking Water in China. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 11.
- Wen, X., Chen, F., Lin, Y., Zhu, H., Yuan, F., Kuang, D., Jia, Z., & Yuan, Z. (2020). Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality. A Review. *Sustainability*, Vol. 12(6) <https://doi.org/10.3390/su12062249>
- Xianhong, Y., Shijun, L., Jian, H., & Jie, X. (2021). Application Analysis of Conductivity in Drinking Water Quality Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 784, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/784/1/012028>
- Zhang, X., Xia, S., Ye, Y., & Wang, H. (2021). Opportunistic pathogens exhibit distinct growth dynamics in rainwater and tap water storage systems. *Water Research*, Vol. 204, 117581. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117581>

Anexos

Anexo A: Resultados fisicoquímico y microbiológico por monitoreo

Resultados fisicoquímicos de las cisternas, por monitoreo

Primer monitoreo																			
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Conductividad (uS/cm)		T° (°C)		O. disuelto (mg/l)		T° (°C)		Cloro residual libre (mg/l)		Color (UC)		pH		Turbiedad (NTU)	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	22/05/23	9:10	183,6	183,8	18,1	18,3	4,67	4,69	18,2	18,4	-	-	7	9	8,373	8,375	2,36	2,37
			\bar{x}	183,7		18,2		4,68		18,3		-		8		8,374		2,36	
C02	Odontología	22/05/23	9:30	129,3	129,5	19,8	20	3,75	3,77	19,8	20	-	-	7	9	8,356	8,358	0,433	0,435
			\bar{x}	129,4		19,9		3,76		19,9		-		8		8,357		0,434	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	22/05/23	10:00	110,05	110,07	18,7	18,9	4,41	4,43	18,8	19	-	-	10	12	7,880	7,882	1,13	1,15
			\bar{x}	110,06		18,8		4,42		18,9		-		11		7,881		1,14	
C04	Hospitalidad - Bodega	23/05/23	9:15	156,1	156,3	16,5	16,7	5,27	5,29	16,8	17	-	-	5	7	8,771	8,773	0,346	0,348
			\bar{x}	156,2		16,6		5,28		16,9		-		6		8,772		0,347	
C05	Hospitalidad - Tanque	23/05/23	9:30	89,4	89,6	15,8	16	6,27	6,29	16	16,2	1,0	1,0	3	5	7,472	7,474	0,661	0,663
			\bar{x}	89,5		15,9		6,28		16,1		1,0		4		7,473		0,662	
C06	Filosofía	23/05/23	10:00	134,1	134,3	19,8	20	3,29	3,31	18,5	18,7	-	-	9	11	9,346	9,348	1,03	1,05
			\bar{x}	134,2		19,90		3,30		18,6		-		10		9,347		1,04	
C07	Agronomía	29/05/23	9:18	97,4	97,6	17	17,2	4,16	4,18	16,8	17	-	-	4	6	7,873	7,875	0,678	0,680
			\bar{x}	97,5		17,1		4,17		16,9		-		5		7,874		0,679	

C08	Postgrado Arquitectura	29/05/23	9:50	92,3	92,5	18,2	18,4	5,44	5,46	18,3	18,5	-	-	6	8	7,589	7,591	0,678	0,680
			\bar{x}	92,4		18,3		5,45		18,4		-		7		7,590		0,679	
C09	Biblioteca	29/05/23	10:10	108,6	108,8	16,6	16,8	6,55	6,57	16,6	16,8	0,15	0,15	4	6	7,662	7,663	0,748	0,750
			\bar{x}	108,7		16,7		6,56		16,7		0,15		5		7,663		0,749	
C10	Balzay - Edificios Trillizos	30/05/23	9:15	153,2	153,4	18,1	18,3	4,67	4,69	18,4	18,6	-	-	5	7	8,221	8,224	5,35	5,37
			\bar{x}	153,3		18,2		4,68		18,5		-		6		8,223		5,36	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	30/05/23	9:35	122,8	123	17,1	17,3	3,77	3,79	17,1	17,3	-	-	12	14	7,652	7,654	3,83	3,85
			\bar{x}	122,9		17,2		3,78		17,2		-		13		7,653		3,84	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	30/05/23	9:55	114,7	114,9	17,4	17,6	4,08	4,10	17,2	17,4	0,10	0,10	9	11	8,053	8,055	6,55	6,57
			\bar{x}	114,8		17,5		4,09		17,3		0,10		10		8,054		6,56	

Tabla 31. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: primer monitoreo.

Segundo monitoreo																			
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Conductividad (uS/cm)		T° (°C)		O. disuelto (mg/l)		T° (°C)		Cloro residual libre (mg/l)		Color (UC)		pH		Turbiedad (NTU)	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	05/06/23	9:17	159,5	159,7	17,7	17,9	4,12	4,14	16	18	-	-	5	7	8,14	8,16	0,577	0,579
			\bar{x}	159,6		17,8		4,13		17		-		6		8,15		0,578	
C02	Odontología	05/06/23	9:38	116,5	116,7	19,5	19,7	4,17	4,19	19,7	19,9	-	-	5	7	8,060	8,062	0,234	0,236
			\bar{x}	116,6		19,6		4,18		19,8		-		6		8,061		0,235	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	05/06/23	10:05	98,3	98,5	18,8	19	3,50	3,52	18,7	18,9	-	-	12	14	7,835	7,837	0,794	0,796
			\bar{x}	98,4		18,9		3,51		18,8		-		13		7,836		0,795	

C04	Hospitalidad - Bodega	06/06/23	9:38	131,6	131,8	16,5	16,7	5,27	5,29	16,5	16,7	-	-	4	6	8,814	8,816	1,10	1,12
			\bar{x}	131,7		16,6		5,28		16,6		-		5		8,815		1,11	
C05	Hospitalidad - Tanque	06/06/23	9:50	80	80,2	15,1	15,3	5,83	5,85	15,2	15,4	1,5	1,5	3	5	7,005	7,007	0,470	0,472
			\bar{x}	80,1		15,2		5,84		15,3		1,5		4		7,006		0,471	
C06	Filosofía	06/06/23	10:20	135,9	136,1	19,5	19,7	2,81	2,83	19,3	19,5	-	-	8	10	9,179	9,181	1,22	1,24
			\bar{x}	136,0		19,6		2,82		19,4		-		9		9,180		1,23	
C07	Agronomía	12/06/23	9:30	98,6	98,8	16,1	16,3	4,87	4,89	16,1	16,3	-	-	3	5	7,991	7,993	0,610	0,612
			\bar{x}	98,7		16,2		4,88		16,2		-		4		7,992		0,611	
C08	Postgrado Arquitectura	12/06/23	10:00	92,2	92,4	18	18,2	3,71	3,73	18,5	18,7	-	-	7	9	7,580	7,582	0,816	0,817
			\bar{x}	92,3		18,1		3,72		18,6		-		8		7,581		0,816	
C09	Biblioteca	12/06/23	10:20	91,9	92,1	16,4	16,6	5,32	5,34	16,4	16,6	0,15	0,15	4	6	7,733	7,735	0,728	0,730
			\bar{x}	92,0		16,5		5,33		16,5		0,15		5		7,734		0,729	
C10	Balzay - Edificios Trillizos	13/06/23	9:15	119,9	120,1	18	18,2	4,30	4,32	18,2	18,4	-	-	4	6	7,58	7,60	0,581	0,583
			\bar{x}	120,0		18,1		4,31		18,3		-		5		7,59		0,582	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	13/06/23	9:40	106,8	107	17,7	17,9	3,28	3,30	17,5	17,7	-	-	11	13	7,38	7,40	2,11	2,13
			\bar{x}	106,9		17,8		3,29		17,6		-		12		7,39		2,12	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	13/06/23	10:00	113,7	113,9	17,4	17,6	5,01	5,03	17,4	17,6	-	-	8	10	7,352	7,354	0,561	0,563
			\bar{x}	113,8		17,5		5,02		17,5		-		9		7,353		0,562	

Tabla 32. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: segundo monitoreo.

Tercer monitoreo																			
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Conductividad (uS/cm)		T° (°C)		O. disuelto (mg/l)		T° (°C)		Cloro residual libre (mg/l)		Color (UC)		pH		Turbiedad (NTU)	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	19/06/23	9:10	156,4	156,6	17,2	17,4	4,66	4,68	16	18	-	-	5	7	7,788	7,79	0,755	0,757
			\bar{x}	156,5		17,3		4,67		17		-		6		7,789		0,756	
C02	Odontología	19/06/23	9:30	116,1	116,3	19,1	19,3	3,39	3,41	19,2	19,4	-	-	2	4	7,767	7,769	0,573	0,575
			\bar{x}	116,2		19,2		3,40		19,3		-		3		7,768		0,574	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	19/06/23	10:00	111,7	111,9	19,2	19,4	4,22	4,24	19,3	19,5	-	-	12	14	7,361	7,363	0,834	0,836
			\bar{x}	111,8		19,3		4,23		19,4		-		13		7,362		0,835	
C04	Hospitalidad - Bodega	20/06/23	9:15	132,4	132,6	16,4	16,6	5,55	5,57	16,6	16,8	-	-	4	6	8,256	8,258	2,5	2,7
			\bar{x}	132,5		16,5		5,56		16,7		-		5		8,257		2,6	
C05	Hospitalidad - Tanque	20/06/23	9:36	76,1	76,3	14,7	14,9	5,85	5,87	14,7	14,9	1,5	1,5	2	4	7,524	7,526	0,317	0,319
			\bar{x}	76,2		14,8		5,86		14,8		1,5		3		7,525		0,318	
C06	Filosofía	20/06/23	10:10	135,1	135,3	19,2	19,4	2,74	2,76	19,4	19,6	-	-	8	10	9,126	9,128	0,632	0,634
			\bar{x}	135,2		19,3		2,75		19,5		-		9		9,127		0,633	
C07	Agronomía	26/06/23	9:25	95,6	95,8	15	17	4,22	4,24	15,9	16,1	-	-	4	6	7,767	7,769	0,573	0,575
			\bar{x}	95,7		16		4,23		16,0		-		5		7,768		0,574	
C08	Postgrado Arquitectura	26/06/23	9:55	107	107,2	17,8	18	5,10	5,12	17,9	18,1	-	-	8	10	7,448	7,45	0,806	0,807
			\bar{x}	107,1		17,9		5,11		18,0		-		9		7,449		0,806	
C09	Biblioteca	26/06/23	10:25	113,1	113,3	16,1	16,3	5,42	5,44	16,3	16,5	0,15	0,15	5	7	7,289	7,291	0,612	0,614
			\bar{x}	113,2		16,2		5,43		16,4		0,15		6		7,290		0,613	

C10	Balzay - Edificios Trillizos	27/06/23	9:10	179,8	180	18,1	18,3	4,23	4,25	18,2	18,4	-	-	1	3	8,119	8,121	0,902	0,904
			\bar{x}	179,9		18,2		4,24		18,3		-		2		8,120		0,903	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	27/06/23	9:37	179,8	180	16,7	16,9	3,02	3,04	16,8	17	-	-	8	10	7,394	7,396	1,2	1,4
			\bar{x}	179,9		16,8		3,03		16,9		-		9		7,395		1,3	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	27/06/23	10:05	111,8	112	17,6	17,8	5,28	5,3	17,8	18	-	-	7	9	7,913	7,915	0,985	0,987
			\bar{x}	111,9		17,7		5,29		17,9		-		8		7,914		0,986	

Tabla 33. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: tercer monitoreo.

Cuarto monitoreo																			
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Conductividad (uS/cm)		T° (°C)		O. disuelto (mg/l)		T° (°C)		Cloro residual libre (mg/l)		Color (UC)		pH		Turbiedad (NTU)	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	03/07/23	9:22	157,2	157,4	16,5	16,7	4,56	4,58	16,7	16,9	-	-	6	8	7,803	7,805	0,735	0,737
			\bar{x}	157,3		16,6		4,57		16,8		-		7		7,804		0,736	
C02	Odontología	03/07/23	9:45	116,8	117	19,3	19,5	3,87	3,89	19,4	19,6	-	-	1	3	7,635	7,637	0,625	0,627
			\bar{x}	116,9		19,4		3,88		19,5		-		2		7,636		0,626	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	03/07/23	10:10	99,2	99,4	19,1	19,3	3,75	3,77	19,1	19,3	-	-	10	12	7,280	7,282	0,940	0,942
			\bar{x}	99,3		19,2		3,76		19,2		-		11		7,281		0,941	
C04	Hospitalidad - Bodega	04/07/23	9:10	133,3	133,5	16,3	16,5	4,63	4,65	16,4	16,6	-	-	4	6	8,474	8,476	1,55	1,57
			\bar{x}	133,4		16,4		4,64		16,5		-		5		8,475		1,56	
C05	Hospitalidad - Tanque	04/07/23	9:30	77,7	77,9	14,5	14,7	5,84	5,86	14,6	14,8	1,5	1,5	2	4	6,973	6,975	0,297	0,299
			\bar{x}	77,8		14,6		5,85		14,7		1,5		3		6,974		0,298	
C06	Filosofía	04/07/23	10:00	136,6	136,8	19,4	19,6	2,68	2,7	19,4	19,6	-	-	7	9	9,374	9,376	0,738	0,740

			\bar{x}	136,7	19,5	2,69	19,5	-	8	9,375	0,739								
C07	Agronomía	10/07/23	9:30	102,2	102,4	16,5	16,7	4,34	4,36	16,5	16,7	-	-	6	8	7,417	7,419	0,417	0,419
			\bar{x}	102,3	16,6	4,35	16,6	-	7	7,418	0,418								
C08	Postgrado Arquitectura	10/07/23	10:05	92,7	92,9	17,6	17,8	4,70	4,72	17,7	17,9	-	-	9	11	7,109	7,111	0,480	0,481
			\bar{x}	92,8	17,7	4,71	17,8	-	10	7,110	0,480								
C09	Biblioteca	10/07/23	10:28	97,9	98,1	15	17	5,14	5,16	15	17	0,75	0,75	3	5	7,262	7,264	0,570	0,572
			\bar{x}	98,0	16	5,15	16	0,75	4	7,263	0,571								
C10	Balzay - Edificios Trillizos	11/07/23	9:17	116,6	116,8	17,7	17,9	4,01	4,03	17,8	18	-	-	3	5	7,249	7,251	1,689	1,691
			\bar{x}	116,7	17,8	4,02	17,9	-	4	7,250	1,690								
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	11/07/23	9:30	179,8	180	16,7	16,9	3,02	3,04	16,8	17	-	-	8	10	7,394	7,396	1,2	1,4
			\bar{x}	179,9	16,8	3,03	16,9	-	9	7,395	1,3								
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	11/07/23	9:58	111,8	112	17,6	17,8	5,28	5,3	17,8	18	-	-	7	9	7,913	7,915	0,985	0,987
			\bar{x}	111,9	17,7	5,29	17,9	-	8	7,914	0,986								

Tabla 34. Resultados fisicoquímicos de las cisternas: cuarto monitoreo.

Resultados microbiológicos de las cisternas, por monitoreo

Primer monitoreo											
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos UFC/1 ml		Pseudomona aeruginosa UFC/100 ml	
				1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	22/05/23	9:10	5,1	2,2	0	0	146	126	856	846
			\bar{x}	3,65	0	136	851				

C02	Odontología	22/05/23	9:30	12	16	1,1	1,1	38	33	736	724
			\bar{x}	14		1,1		35,5		730	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	22/05/23	10:00	1,1	2,2	1,1	0	8	3	398	389
			\bar{x}	1,65		0,55		5,5		393,5	
C04	Hospitalidad - Bodega	23/05/23	9:15	3,6	1,1	0	0	71	69	254	136
			\bar{x}	2,35		0		70		195	
C05	Hospitalidad - Tanque	23/05/23	9:30	0	0	0	0	2	0	40	20
			\bar{x}	0		0		1		30	
C06	Filosofía	23/05/23	10:00	2,2	3,6	0	0	311	307	1242	1098
			\bar{x}	2,9		0		309		1170	
C07	Agronomía	29/05/23	9:18	1,1	1,1	0	0	5	1	230	180
			\bar{x}	1,1		0		3		205	
C08	Postgrado Arquitectura	29/05/23	9:50	2,2	2,2	1,1	0	231	224	552	532
			\bar{x}	2,2		0,55		227,5		542	
C09	Biblioteca	29/05/23	10:10	1,1	0	0	0	1	0	131	11
			\bar{x}	0,55		0		0,5		71	
C10	Balzay - Edificios Trillizos	30/05/23	9:15	2,2	5,1	0	1,1	35	31	776	720
			\bar{x}	3,65		0,55		33		748	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	30/05/23	9:35	9,2	6,9	1,1	3,6	58	46	600	780
			\bar{x}	8,05		2,35		52		690	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	30/05/23	9:55	3,6	5,1	1,1	2,2	152	147	743	650
			\bar{x}	4,35		1,65		149,5		696,5	

Tabla 35. Resultados microbiológicos de las cisternas: primer monitoreo.

Segundo monitoreo											
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos UFC/1 ml		<i>Pseudomona aeruginosa</i> UFC /100 ml	
				1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	22/05/23	9:17	16	9,2	0	0	78	69	4600	4588
			\bar{x}	12,6		0		73,5		4594	
C02	Odontología	22/05/23	9:38	16	16	1,1	1,1	53	56	2400	2432
			\bar{x}	16		1,1		54,5		2416	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	22/05/23	10:05	1,1	3,6	1,1	0	35	38	1250	1234
			\bar{x}	2,35		0,55		36,5		1242	
C04	Hospitalidad - Bodega	23/05/23	9:38	1,1	0	0	0	93	86	650	660
			\bar{x}	0,55		0		89,5		655	
C05	Hospitalidad - Tanque	23/05/23	9:50	0	0	0	0	1	0	20	0
			\bar{x}	0		0		0,55		10	
C06	Filosofía	23/05/23	10:20	1,1	1,1	0	0	105	89	4300	4311
			\bar{x}	1,1		0		97		4305,5	
C07	Agronomía	29/05/23	9:30	1,1	0	0	0	9	2	16	9
			\bar{x}	0,55		0		5,5		12,5	
C08	Postgrado Arquitectura	29/05/23	10:00	3,6	2,2	1,1	1,1	21	29	2330	2324
			\bar{x}	2,9		1,1		25		2327	
C09	Biblioteca	29/05/23	10:20	1,1	0	0	0	8	11	1450	1454
			\bar{x}	0,55		0		9,5		1452	

C10	Balzay - Edificios Trillizos	30/05/23	9:15	3,6	6,9	3,6	1,1	9	6	230	225
			\bar{x}	5,25		2,35		7,5		227,5	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	30/05/23	9:40	12	6,9	1,1	3,6	197	187	9100	9089
			\bar{x}	9,45		2,35		192		9094,5	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	30/05/23	10:00	3,6	1,1	2,2	1,1	39	42	1250	1275
			\bar{x}	2,35		1,65		40,5		1262,5	

Tabla 36. Resultados microbiológicos de las cisternas: segundo monitoreo.

Tercer monitoreo											
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos UFC/1 ml		Pseudomona aeruginosa UFC/100 ml	
				1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	19/06/23	9:10	16	12	0	0	152	149	5760	5679
			\bar{x}	14		0		150,5		5719,5	
C02	Odontología	19/06/23	9:30	23	12	3,6	1,1	36	33	3430	3412
			\bar{x}	17,5		2,35		34,5		3421	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	19/06/23	10:00	2,2	3,6	1,1	0	8	6	1490	1398
			\bar{x}	2,9		0,55		7		1444	
C04	Hospitalidad - Bodega	20/06/23	9:15	1,1	0	0	0	54	51	250	243
			\bar{x}	0,55		0		52,5		246,5	
C05	Hospitalidad - Tanque	20/06/23	9:36	0	0	0	0	0	0	0	0
			\bar{x}	0		0		0		0	

C06	Filosofía	20/06/23	10:10	0	1,1	0	0	79	75	4430	4328
			\bar{x}	0,55		0		77		4379	
C07	Agronomía	26/06/23	9:25	1,1	0	0	0	13	9	240	235
			\bar{x}	0,55		0		11		237,5	
C08	Postgrado Arquitectura	26/06/23	9:55	1,1	2,2	1,1	1,1	2	1	1930	1897
			\bar{x}	1,65		1,1		1,5		1913,5	
C09	Biblioteca	26/06/23	10:25	0	0	0	0	1	1	10	0
			\bar{x}	0		0		1		5	
C10	Balzay - Edificios Trillizos	27/06/23	9:10	1,1	1,1	0	0	3	2	230	198
			\bar{x}	1,1		0		2,5		214	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	27/06/23	9:37	9,2	5,1	2,2	1,1	114	107	1630	1532
			\bar{x}	7,15		1,65		110,5		1581	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	27/06/23	10:05	2,2	1,1	1,1	1,1	126	112	1430	1221
			\bar{x}	1,65		1,1		119		1325,5	

Tabla 37. Resultados microbiológicos de las cisternas: tercer monitoreo.

Cuarto monitoreo											
Código	Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Recuento en placa UFC/1 ml		Pseudomona aeruginosa UFC /100 ml	
				1	2	1	2	1	2	1	2
C01	Postgrado Medicina	03/07/23	9:22	6,9	9,2	0	0	52	50	2310	2298
			\bar{x}	8,05		0		51		2304	

C02	Odontología	03/07/23	9:45	16	23	1,1	1,1	65	63	4130	4110
			\bar{x}	19,5		1,1		64		4120	
C03	Balzay - Bloque A (Administración)	03/07/23	10:10	1,1	2,2	1,1	0	108	104	1650	1569
			\bar{x}	1,65		0,55		106		1609,5	
C04	Hospitalidad - Bodega	04/07/23	9:10	1,1	1,1	0	0	4	3	430	426
			\bar{x}	1,1		0		3,5		428	
C05	Hospitalidad - Tanque	04/07/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0
			\bar{x}	0		0		0		0	
C06	Filosofía	04/07/23	10:00	2,2	1,1	0	0	15	12	1980	1946
			\bar{x}	1,65		0		13,5		1963	
C07	Agronomía	10/07/23	9:30	0	0	0	0	0	0	10	4
			\bar{x}	0		0		0		7	
C08	Postgrado Arquitectura	10/07/23	10:05	1,1	2,1	0	0	5	3	2720	2340
			\bar{x}	1,6		0		4		2530	
C09	Biblioteca	10/07/23	10:28	0	0	0	0	0	0	0	0
			\bar{x}	0		0		0		0	
C10	Balzay - Edificios Trillizos	11/07/23	9:17	3,6	2,2	0	0	5	6	1460	1261
			\bar{x}	2,9		0		5,5		1360,5	
C11	Balzay - Bloque B (Aulario I)	11/07/23	9:30	9,2	12	1,1	0	68	56	2620	2451
			\bar{x}	10,6		0,55		62		2535,5	
C12	Balzay - Bloque C (Aulario II)	11/07/23	9:58	1,1	0	0	0	89	75	510	495
			\bar{x}	0		0		82		502,5	

Tabla 38. Resultados microbiológicos de las cisternas: cuarto monitoreo.

Resultados de análisis microbiológicos y cloro residual de los grifos de cada dependencia, por monitoreo

Primer Monitoreo											
Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos (UFC/1 ml)		<i>Pseudomona aeruginosa</i> (UFC /100 ml)		Cloro residual libre (mg/l)
			1	2	1	2	1	2	1	2	
Postgrado Medicina	19/06/23	9:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Odontología	19/06/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque A (Administración)	19/06/23	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Hospitalidad - Bodega	20/06/23	9:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Hospitalidad - Tanque	20/06/23	9:36	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0		0		0		0		
Filosofía	20/06/23	10:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Agronomía	26/06/23	9:25	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0		0		0		0		
Postgrado Arquitectura	26/06/23	9:55	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Biblioteca	26/06/23	10:25	0	0	0	0	0	0	0	0	1

		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Edificios Trillizos	27/06/23	9:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque B (Aulario I)	27/06/23	9:37	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque C (Aulario II)	27/06/23	10:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 39. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: primer monitoreo.

Segundo Monitoreo											
Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos (UFC/1 ml)		Pseudomona aeruginosa (UFC /100 ml)		Cloro residual libre (mg/l)
			1	2	1	2	1	2	1	2	
Postgrado Medicina	05/06/23	9:17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Odontología	05/06/23	9:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque A (Administración)	05/06/23	10:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hospitalidad - Bodega	06/06/23	9:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hospitalidad - Tanque	06/06/23	9:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	

Filosofía	06/06/23	10:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Agronomía	12/06/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Postgrado Arquitectura	12/06/23	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Biblioteca	12/06/23	10:20	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Edificios Trillizos	13/06/23	9:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque B (Aulario I)	13/06/23	9:40	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque C (Aulario II)	13/06/23	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		

Tabla 40. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: segundo monitoreo.

Tercer Monitoreo											
Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos (UFC/1 ml)		Pseudomona aeruginosa (UFC /100 ml)		Cloro residual libre (mg/l)
			1	2	1	2	1	2	1	2	
Postgrado Medicina	19/06/23	9:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Odontología	19/06/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	1

		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque A (Administración)	19/06/23	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hospitalidad - Bodega	20/06/23	9:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hospitalidad - Tanque	20/06/23	9:36	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Filosofía	20/06/23	10:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agronomía	26/06/23	9:25	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Postgrado Arquitectura	26/06/23	9:55	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Biblioteca	26/06/23	10:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Edificios Trillizos	27/06/23	9:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque B (Aulario I)	27/06/23	9:37	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Balzay - Bloque C (Aulario II)	27/06/23	10:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 41. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: tercer monitoreo.

Cuarto Monitoreo											
Cisterna	Fecha	Hora / promedio	Coliformes Totales NMP/100 ml		Coliformes Fecales NMP/100 ml		Aerobios mesófilos (UFC/1 ml)		Pseudomona aeruginosa (UFC /100 ml)		Cloro residual libre (mg/l)
			1	2	1	2	1	2	1	2	
Postgrado Medicina	03/07/23	9:22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Odontología	03/07/23	9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque A (Administración)	03/07/23	10:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Hospitalidad - Bodega	04/07/23	9:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
		\bar{x}	0		0		0		0		
Hospitalidad - Tanque	04/07/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	1.25
		\bar{x}	0		0		0		0		
Filosofía	04/07/23	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Agronomía	10/07/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Postgrado Arquitectura	10/07/23	10:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Biblioteca	10/07/23	10:28	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0		0		0		0		

Balzay - Edificios Trillizos	11/07/23	9:17	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque B (Aulario I)	11/07/23	9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		
Balzay - Bloque C (Aulario II)	11/07/23	9:58	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75
		\bar{x}	0		0		0		0		

Tabla 42. Resultados microbiológicos y cloro residual de los grifos: cuarto monitoreo.

Anexo B. MPN Index and 95% Confidence Limits for Various Combinations of Positive and Negative Results When Ten 10-mL Portions Are Used.

N° of Tubes Giving Positive Reaction Out of 10 (10 mL Each)	NMP Index/100 ml	95 % Confidence Limits (Exact)	
		Lower	Upper
0	<1.1	-	3.4
1	1.1	0.051	5.9
2	2.2	0.37	8.2
3	3.6	0.91	9.7
4	5.1	1.6	13
5	6.9	2.5	15
6	9.2	3.3	19
7	12	4.8	24
8	16	5.8	34
9	23	8.1	53
10	>23	13	-

Anexo C. Oficio de autorización de trabajo de titulación por parte de la Universidad de Cuenca.

UCUENCA

Oficio Nro. UC-RC-2023-0163-O

Cuenca, 02 de marzo de 2023

Asunto: Autorización trabajo de titulación - Dra. Guillermina Pauta Calle

Doctora
Gladys Guillermina Pauta Calle, Mgt.
Docente de la Carrera de Ingeniería Civil
FACULTAD DE INGENIERÍA
En su Despacho

De mi consideración:

Con un cordial saludo, me dirijo a Usted para acusar recibo de su comunicación de fecha 28 de febrero del año en curso, en la que solicita la autorización para realizar el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA CONSUMIDA EN LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", que será realizado por los estudiantes de la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas: Katherine Mercedes Vera Balbuca y Lourdes Cecilia Zhañay Bravo, bajo su dirección.

Al respecto, me permito comunicarle que en razón de la importancia del tema que se abordará, se autoriza la realización del citado trabajo de titulación. Adicionalmente, me permito sugerirle que se ponga en contacto con la Ing. Daniela Mogrovejo, Analista Ambiental 3 de la Dirección de Planificación, quien podrá facilitarles información relacionada que consta en el Estudio de Oportunidades de Producción Más Limpia, que reposa en dicha dependencia.

Sin otro particular, suscribo de Usted no sin antes reiterarle mi sentimiento de la más alta consideración y estima.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

PhD. María Augusta Hermida Palacios
RECTORA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

Referencias:
- UC-RC-2023-0343-E

Copia:
Ingeniera
Mogrovejo Lituma Maria Daniela
Analista Ambiental 3

cpuf

Oficio Nro. UC-RC-2023-0163-O

Cuenca, 02 de marzo de 2023

MARIA AUGUSTA HERMIDA PALACIOS
Número de identificación: CUCO - CREDENCIADO S.A.S. COMITÉ DE CERTIFICACION DE INFORMACION, SERIALMEXID-50112104030, ON-44678-AUGUSTA HERMIDA PALACIOS
Firma: FIRMADO CON FIRMA E-
Lugar:
Fecha: 2023-03-02 11:40:08.328466Z

www.ucuenca.edu.ec



2/2

Anexo D. Plan de vigilancia de la Calidad del agua consumida en la Universidad de Cuenca.**A. Objetivo**

El principal objetivo de la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano en la Universidad de Cuenca, es la definición de las estrategias que permitan la detección y prevención de la contaminación del agua, con el fin de reducir al máximo la aparición de enfermedades hídricas en una población numerosa de aproximadamente 16.974 personas, entre estudiantes, empleados, trabajadores y docentes, distribuidos en 5 campus.

B. Metodología

Los elementos básicos para la vigilancia y control de calidad del agua son:

- a) Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica;
- b) Inspección sanitaria y operacional.

a) La evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua comprende los siguientes factores:**1. Selección de los lugares o puntos de muestreo**

En cada campus, los lugares de muestreo representativos son: los centros de investigación, los baños para los estudiantes, los baños dentro del sector administrativo, los bares, las bibliotecas, los surtidores públicos, los laboratorios, los dispensarios médicos, las guarderías infantiles, etc., es decir los puntos de mayor afluencia de usuarios y por lo tanto en donde el riesgo es mayor.

El campus más concurrido es el Central, por lo tanto, deberá tener el mayor número de puntos de monitoreo, seleccionados según criterios: por Facultad, por dependencias administrativas, etc.

Se considera que el establecimiento de 10 puntos de monitoreo en el campus Central, 5 en el campus de Medicina, 5 en el eco campus Balzay, 2 en los campus del Centro Histórico y 2 en el campus Yanuncay, son suficientes para un diagnóstico inicial de la calidad del agua. Cada campaña contará con 24 muestras.

Los puntos de monitoreo no serán fijos; en cada campaña se pueden seleccionar los estratégicos a fin de cubrir todas las áreas.

2. Indicadores y parámetros

El control de calidad implementado puede ser en primera línea un básico; las determinaciones analíticas a considerar y a través de los cuales se puede realizar un diagnóstico de la calidad del agua, son:

Parámetros físicos: color, olor, sabor, temperatura

Parámetros químicos: pH, cloro residual libre y combinado

Parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales

3. Muestreo

Los resultados de los análisis tienen valía siempre y cuando se garantice aspectos importantes como: procedimiento para la toma de la muestra; métodos de preservación de las mismas, tiempo que transcurre entre la toma y el análisis; condiciones de transporte de las muestras para garantizar su conservación; etc.

El muestreo debe ser realizado por personal especializado y debidamente capacitado.

4. Frecuencia del muestreo

Se puede diseñar un plan de monitoreo que contemple la ejecución de 3 campañas de monitoreo por año; no obstante se procederá con análisis no programados cuando surja la necesidad. (Presencia de color, detección de olores, sabor desagradable, etc.).

5. Análisis y registro de datos

Todos los ensayos deberán realizarse en laboratorios especializados y aplicando técnicas estandarizadas; las más empleadas son las descritas en los Métodos Normalizados para el análisis del agua y agua residual, en su última edición (24^{ava}. Edición).

6. Resultados e interpretación

A cargo de un especialista en el tema, que permita la introducción de las medidas preventivas y/o correctivas de ser necesarias. Se tomará como norma de referencia la establecida por el INEN 1108 (2020).

b) Inspecciones sanitarias

Consisten en una revisión periódica de todas las instalaciones dentro de los predios de la universidad, con el fin de detectar posibles fallos en las tuberías, conexiones cruzadas de las

tuberías de agua potable y aguas negras, etc. Estas acciones son más importantes, cuando se realizan intervenciones dentro de los predios y por lo cual fue necesario suspender el servicio de agua potable.

La inspección también puede contemplar datos de: cobertura de agua en la universidad, frecuencia del servicio, cantidad del recurso y el aspecto más importante, la calidad.

Las inspecciones serán programadas (3 veces al año), o también cuando surjan quejas por parte de los usuarios, para lo cual se debe elaborar una “Hoja de quejas”.

C. Responsables

La Unidad de Seguridad y Salud ocupacional de la Universidad de Cuenca, designará los responsables de llevar adelante el Plan de Vigilancia de la Calidad del Agua.

Anexo E. Norma INEN 1108:2020; Agua Para Consumo Humano. Requisitos.



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Sexta revisión
2020-04

AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

AGUA PARA CONSUMO HUMANO REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos del agua para consumo humano y aplica al agua proveniente de sistemas de abastecimiento, suministrada a través de sistemas de distribución.

De esta norma se excluyen las aguas minerales naturales, las aguas purificadas envasadas y aguas purificadas de uso farmacéutico.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 5667-5, *Water quality – Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems*

NTE INEN-ISO 5667-1, *Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.*

NTE INEN-ISO 5667-3, *Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua*

NTE INEN-ISO 19458, *Calidad del agua – Muestreo para el análisis microbiológico*

NTE INEN 52, *Reglas para redondear números*

EPA 1623, *Cryptosporidium and Giardia in Water by Filtration/IMS/FA*

Standard Methods 2120, *Color*

Standard Methods 2130, *Turbidity*

Standard Methods 3111, *Metals by flame atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3112, *Metals by cold-vapor atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3113, *Metals by electrothermal atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3114, *Arsenic and selenium by hydride generation/atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 4500-Cl⁻, *Chloride*

Standard Methods 4500-F⁻, *Fluoride*

Standard Methods 4500-NO₂⁻, *Nitrogen (Nitrite)*

Standard Methods 4500-NO₃⁻, *Nitrogen (Nitrate)*

Standard Methods 9221, *Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group*

Standard Methods 9222, *Membrane filter technique for members of the coliform group*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1

agua para consumo humano

Agua utilizada para beber, preparar y cocinar alimentos u otros usos domésticos, independiente del origen y suministro, con características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano.

NOTA. El agua para consumo inocua se conoce también como "agua potable".

3.2

sistema de abastecimiento

Sistema, que incluye la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares, construido para el funcionamiento de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución del agua para consumo humano.

3.3

sistemas de distribución

Comprenden la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares construidos desde el almacenamiento hasta la acometida domiciliaria.

NOTA. Otras alternativas de distribución son camiones cisternas (tanqueros) y depósitos móviles.

3.4

límite permitido

Valor de un requisito fijado dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento, que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud humana.

4. REQUISITOS

4.1 El agua para consumo humano debe presentar un sabor y olor aceptables.

4.2 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

4.3 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo ^a
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b Standard Methods 9222 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623

^a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

^b La ausencia corresponde a "< 1,1 NMP/100 mL".

^c La ausencia corresponde a "< 1 UFC/100 mL".

5. MUESTREO

5.1 El muestreo para el análisis de requisitos químicos y físicos debe realizarse de acuerdo con lo establecido en NTE INEN-ISO 5667-1, NTE INEN-ISO 5667-3 e ISO 5667-5.

5.2 El muestreo para el análisis de requisitos microbiológicos debe realizarse de acuerdo con lo establecido en NTE INEN-ISO 19458.

ANEXO A
(informativo)

MÉTODOS DE ENSAYO ALTERNATIVOS

TABLA A.1. Métodos de ensayo alternativos para la determinación de parámetros físicos y químicos en agua para consumo humano

Parámetro	Método de ensayo
Arsénico	NTE INEN-ISO 11969 Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Cadmio	Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Cloro residual	NTE INEN-ISO 7393-1
Cobre	Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Color aparente	NTE INEN-ISO 7887
Cromo (cromo total)	Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Fluoruro	NTE INEN-ISO 10304-1 Standard Methods 4110
Mercurio	EPA 245.7 NTE INEN-ISO 17852 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	NTE INEN-ISO 13395 Standard Methods 4110
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	NTE INEN-ISO 13395 Standard Methods 4110
Plomo	Standard Methods 3125
Turbiedad	NTE INEN-ISO 7027

TABLA A.2. Métodos de ensayo alternativos para la determinación de parámetros microbiológicos en agua para consumo humano

Parámetro	Método de ensayo
Coliformes fecales	Standard Methods 9223 EPA 1103 NTE INEN-ISO 9308-1
<i>Cryptosporidium</i>	EPA 1622 Standard Methods 9711 ISO 15533
<i>Giardia</i>	Standard Methods 9711 ISO 15533

ANEXO B
(informativo)**RANGO DE pH DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO****TABLA B.1. Rango de pH del agua para consumo humano**

Parámetro	Unidad	Rango
pH ^a	Unidades de pH	6,5 – 8,0
^a Parámetro de control operativo		

ANEXO C
(informativo)

LÍMITES PERMITIDOS DE PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

TABLA C.1. Químicos orgánicos

Parámetro	Límite permitido (mg/L)
1,2-dibromoetano	0,000 4
1,2-dicloroetano	0,03
2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	0,03
Acilamida	0,000 5
Aldicarb	0,01
Aldrín y Dieldrín (combinados)	0,000 03
Atrazina y metabolitos de cloro-s-triazina	0,1
Benceno	0,01
Benzo[a]pireno	0,000 7
Carbofurano	0,007
Clordano	0,000 2
Cloruro de vinilo	0,000 3
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)	0,001
Endrin	0,000 6
Epiclorhidrina	0,000 4
Estireno	0,3
Tetracloroetano	0,04
Tolueno	0,7
Tricloroetano	0,02
Xileno	0,5

TABLA C.2. Químicos inorgánicos

Parámetro	Límite permitido (mg/L)
Antimonio	0,02
Bario	1,3
Boro	2,4
Níquel	0,07
Selenio	0,04

ANEXO D
(informativo)**LÍMITES PERMITIDOS DE SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO****TABLA D.1. Subproductos de desinfección**

Parámetro	Límite permitido (mg/L)
Monocloramina	3,0
Bromodiclorometano	0,06
Cloroformo	0,3

ANEXO E (informativo)

RADIACIÓN ALFA Y BETA EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Los niveles de detección en el agua para consumo humano inferiores a 0,5 Bq/l para la actividad alfa total y 1 Bq/l para la actividad beta total, no requieren de ninguna acción.

NOTA. El uso de los niveles de detección maximiza la confiabilidad de la evaluación del contenido de radionucleidos en el agua para consumo humano.

ANEXO F (informativo)

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO APROBADOS POR LA EPA

Los métodos analíticos para detección de contaminantes presentes en el agua para consumo humano se encuentran disponibles en www.epa.gov/dwanalyticalmethods/approved-drinking-water-analytical-methods, en la sección *Approved Drinking Water Analytical Methods*.

BIBLIOGRAFÍA

Guías para la calidad del agua de consumo humano, cuarta edición que incorpora la primera adenda [*Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum*]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018

APHA, AWWA, WEF (2017) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23 rd ed. Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation

United States Environmental Protection Agency EPA, *Drinking Water Contaminants – Standards and Regulations*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1108 Sexta revisión	TÍTULO: AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS	Código ICS: 13.060.20
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 13523 de 2013-12-18 publicado en el Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23 Fecha de iniciación del estudio: 2017-09-07	

Fechas de consulta pública: 2019-07-30 al 2019-09-27

Comité Técnico de Normalización: **Calidad del agua**

Fecha de iniciación: 2019-01-21

Fecha de aprobación: 2019-07-12

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

Marcelo Carpio (Presidente)
 Carlos Espinosa
 Edgar Pazmiño
 Karina Montenegro
 Tatiana Gallegos
 David Romero
 Karina Simbaña
 Yamil Cartagena
 Andrea Arévalo
 Félix Bobadilla
 Arturo Bosquez
 Zulay Rosas
 Valeria Guevara
 Carla Valarezo
 Cintia Muñoz
 Christian Tafur
 Sheila Tafur
 Mary Silva
 Alejandra Hidalgo
 Miriam Matute
 Andreina Logroño
 Fernando Almache
 Santiago Quinchiguango
 Mauricio Acosta
 Esvar Díaz
 Daniela Navas
 Mayra Wilca
 Carolina Coba
 Miguel Herrera
 Miguel Quishpe
 Ramiro Castro

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

EPMAPS-QUITO
 EPMAPS-QUITO
 EPMAPS-QUITO
 MSP-DNAS
 MSP-DNCS
 CESAQ-PUCE
 CESAQ-PUCE
 INIAP
 ETAPA EP
 INTERAGUA
 INTERAGUA
 SENAGUA/DGCA
 SENAGUA/DGCA
 EMAPA-IBARRA
 EMAPA-IBARRA
 EMAPA-IBARRA
 EMAPA-IBARRA
 EMAPA-IBARRA
 LABANNCY CÍA. LTDA.
 ANAVANLAB
 EMAPASG-EP GUALACEO
 GAD GUAMOTE
 GAD SAQUISILÍ
 ARCA
 IIGE
 MANCOMUNIDAD LOJA "BOSQUE SECO"
 UNIVERSIDAD YACHAY TECH
 INSPI
 GAD PELILEO
 UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA
 IKIAM
 UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA
 IKIAM
 SCAN

NOMBRES:

Isabel Mumagui
Frank Silva
Rocío Cobos
Elizabeth Pérez
Fernando Villacís
Ana Mera (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

MAE
EPMAPSAC - CUMANDÁ
QUIMIEM
PRONACA
CAMICOM
INEN-DIRECCIÓN TÉCNICA DE
NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2019 (Sexta revisión) reemplaza a la NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión).

ARTÍCULO 3.- Esta norma técnica ecuatoriana **NTE INEN 1108 (Sexta revisión)**, reemplaza a la NTE INEN 1108:2014 y entrará en vigencia desde la fecha de su suscripción, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. MPCEIP-SC-2020-0133-R de 2020-03-20
Registro Oficial , Edición Especial No. 475 de 2020-04-01

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Código Postal: 170524 – Telfs: (593 2)3 825960 al 3 825999
Dirección Ejecutiva: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: consultas.normalizacion@normalizacion.gob.ec
Centro de Información: centrodeinformacion@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

ANEXO F. Normativa TULSMA anexo 1 del Libro VI, usos del agua.**ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA**

maestros o programa de control de la contaminación.

- 3.3** Para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el Sujeto de Control debe entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollo del Plan de Manejo Ambiental, en el que se incluya el tratamiento de sus efluentes previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales. Adicionalmente la Autoridad Ambiental podrá solicitar al regulado el monitoreo de la calidad del cuerpo de agua.
- 3.4** Si el Sujeto de Control es un municipio o gobiernos provinciales, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

4. CLASIFICACIÓN**4.1 Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos**

1. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
2. Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.
4. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
5. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
6. Criterios de calidad para aguas de uso estético.

4.2 Normas generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - a. Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b. Descarga a un cuerpo de agua marina.
4. Permisos de descarga

5. DESARROLLO**5.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.**

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de la vida acuática y silvestre.
- c) Uso Agrícola o de riego.
- d) Uso Pecuario.
- e) Uso Recreativo.
- f) Uso Estético.

HZ

Anexo G. Fotografías de ubicación de las cisternas de los distintos campus de la Universidad de Cuenca.



C01 - Campus Paraíso: Postgrado Medicina



C02 - Campus Paraíso: Odontología



C03 - Campus Balzay: Bloque A (Administrativo)



C04 - Campus Centro histórico: Bodega



C05 - Campus Centro histórico: Tanque



C06 - Campus Central: Filosofía



C07 - Campus Yanuncay: Agronomía



C08 - Campus Central: Postgrado
Arquitectura



C09 - Campus Central: Biblioteca



C10 - Campus Balzay: Edificios Trillizos



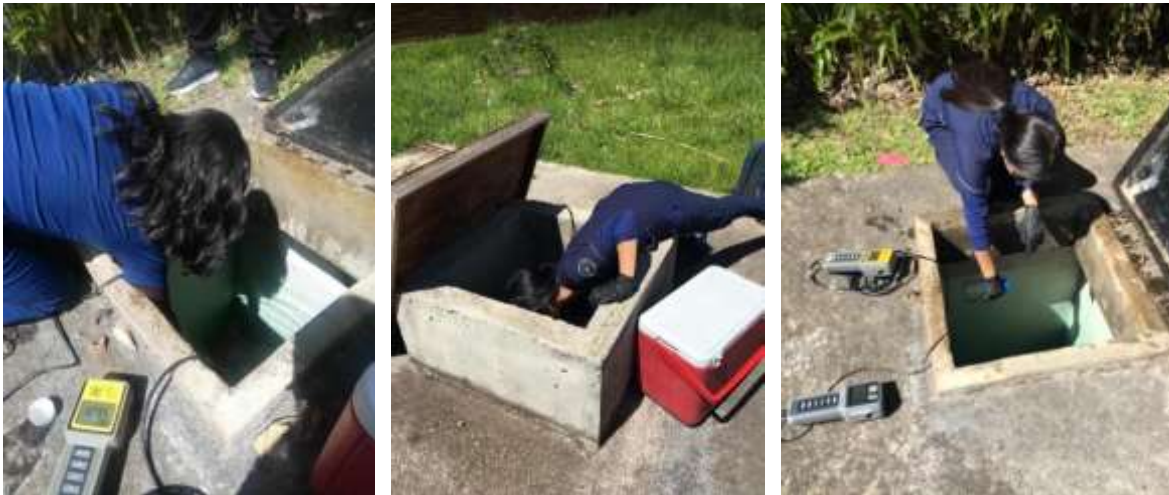
C11- Campus Balzay: Bloque B (Aulario I)



C12- Campus Balzay: Bloque C (Aulario II)

ANEXO G. Registro fotográfico de la realización de los distintos análisis.

- Recolección y transporte de muestras.



- Determinación de cloro libre residual, conductividad y oxígeno disuelto *in situ*.





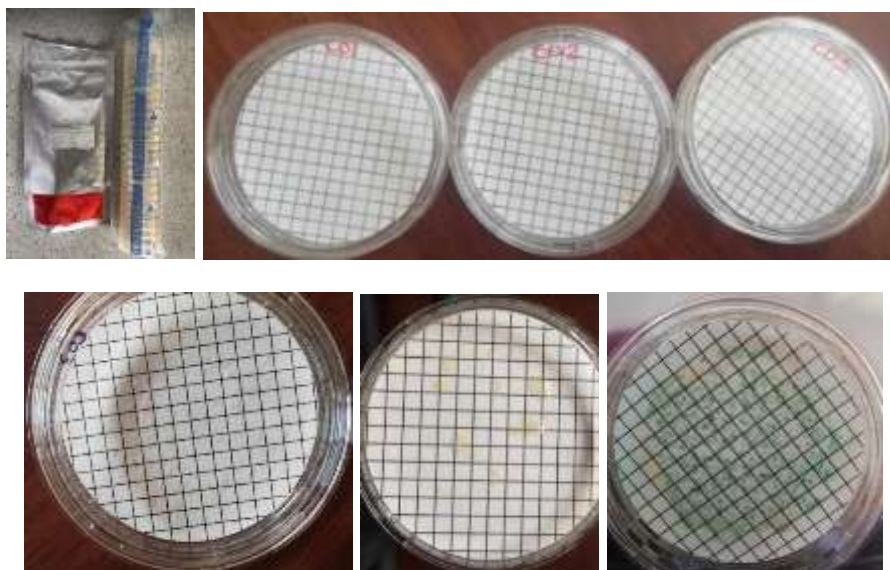
- Determinación de pH, color y turbiedad



- Siembra de las muestras en caldo lauril sulfato en la cabina de flujo laminar e incubación a 35°C por un periodo de 24h00 a 48h00.



- Siembra e incubación a 35°C de las muestras para determinación de *Pseudomona aeruginosa* y siembra en placa por profundidad para determinación de aerobios mesófilos por 24h00. Comparación con las muestras del agua de los grifos (placas sin crecimiento).





- Siembra de las muestras positivas de caldo Lauril Sulfato en caldo Bilis Verde Brillante e incubación en la estufa a 35°C por un periodo de 24h00 a 48h00 para la determinación de Coliformes Totales.



- Siembra de las muestras positivas de caldo Bilis Verde Brillante en caldo EC por un periodo de 24h00 en baño maría a 44.5 °C para determinación de Coliformes Fecales.

