Aseguramiento de la Calidad en la Marcha Analítica para el Análisis de Coliformes Totales y *E. coli* en Muestras de Agua en el Laboratorio de Microbiología Ambiental

Karla Dayana Vásquez Ramírez

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Básicas

Departamento de Microbiología

PAMPLONA

2024

Aseguramiento de la Calidad en la Marcha Analítica para el Análisis de Coliformes Totales y *E. coli* en Muestras de Agua en el Laboratorio de Microbiología Ambiental

Karla Dayana Vásquez Ramírez

Trabajo de grado para optar por el título de Microbióloga

Tutora académica:

Microbióloga Angela Maritza Cajiao Pedraza

Tutora empresarial:

Microbióloga Industrial Mónica Alejandra Calderón Garzón

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Básicas

Departamento de Microbiología

PAMPLONA

2024

Tabla de Contenido

1. Resumen 10

2. Introducción 11

3. Justificación 13

4. Objetivos 15

4.1 Objetivo General 15

4.2 Objetivo Específico 15

5. Antecedentes de Estudio 16

5.1 Antecedentes Internacionales 16

5.2 Antecedentes Nacionales 18

6. Marco Teórico 21

6.1 Marcha Analítica 21

6.2 Calidad del Agua 21

6.3 Coliformes Totales 22

6.4 *Escherichia coli* 22

6.5 Microorganismo Indicadores de la Calidad del Agua 23

6.6 Análisis Microbiológico del Agua 24

6.7 Tecnología de Sustrato Definido Colilert 24

6.8 Agua Residual Industrial 27

6.9 Agua Residual Doméstica 27

6.10 Agua Subterránea 27

6.11 Agua Superficial.....27

6.12 Agua Marina.....28

6.13 Agua No Doméstica 28

6.14 Aseguramiento de la Calidad 28

6.15 Monitoreo de agua.....29

7. Marco Legal.....30

7.1 Marco Legal Internacional 30

7.1.1 Norma ISO 17025 - 2017.....30

7.2 Marco legal Nacional 30

7.2.1 Resolución 631 de 2015 30

7.2.2 Resolución 883 de 2018 31

7.2.3 Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022......31

7.2.4 Decreto 1076 de 2015 31

8. Metodología.....33

8.1 Aseguramiento de Calidad en el Laboratorio.....33

8.1.1 Muestras para Análisis 33

8.1.2 Control de ambientes y superficies 33

8.1.3 Equipos y Materiales 36

8.1.4 Medios de Cultivo y Reactivos 37

8.1.5 Recipientes para Toma de Muestras 44

8.1.6 Esterilización, Lavado de Material 45

8.1.7 Controles de Calidad 46

8.2 Análisis Microbiológicos en Muestras de Agua 66

8.2.1 Preparación de la muestra 66

9. Resultados y Análisis 71

9.1 Aseguramiento de Calidad en el Laboratorio 71

9.1.1 Control de ambientes y superficies 71

9.1.3 Controles de Calidad 79

9.1.4 Equipos 84

9.1.5 Medios y Reactivos 87

9.1.6 Esterilización, Lavado de Material 90

9.2 Análisis y Resultados de Muestras Microbiológicas de Agua 106

10. Conclusiones 123

11. Recomendaciones 124

12. Referencias bibliográficas 125

13. Anexos 135

Listado de Tablas

Tabla 1 *Valores de temperatura y humedad permitidos de acuerdo a algunos de los equipos utilizados en el área de Microbiología.* *34*

Tabla 2 *Valores mínimos y máximos de % de Humedad Relativa laboratorio de Microbiología.* *34*

Tabla 3 *Especificación medios isotérmicos (Neveras).* *36*

Tabla 4 *Especificación medios isotérmicos (Incubadoras).* *37*

Tabla 5 *Control de calidad para el agua destilada de uso en Microbiología.* *39*

Tabla 6 *Preparación de tiosulfato de sodio.* *40*

Tabla 7 *Tiempos de almacenamiento medios de cultivo (9020: 5 Standard Methods Ed. 24 9020: V Standard Methods Ed. 23).* *43*

Tabla 8 *Esterilización, lavado de cantidad y concentración tiosulfato.* *44*

Tabla 9 *Tiempo de esterilización por calor húmedo.* *45*

Tabla 10 *Controles de calidad.* *46*

Tabla 11 *Viraje del azul de Bromotimol, según pH.* *53*

Tabla 12 *Cepas de referencia control Colilert.* *58*

Tabla 13 *Ejemplo del cálculo del criterio de precisión.* *59*

Tabla 14 *Frecuencia de controles para las distintas técnicas de sustrato definido y siembra en superficie o profundidad.* *62*

Tabla 15 *Cepas utilizadas como control positivo y control negativo.* *64*

Tabla 16 *Nombre de los formatos donde se registran los resultados con su respectivo control de calidad.* *65*

Tabla 17 *Registro del control de las condiciones ambientales en las diferentes áreas del laboratorio.* *72*

Tabla 18 *Registro de los límites máximos y mínimos permitidos para temperatura y porcentaje de humedad relativa.* *73*

Tabla 19 *Promedio de monitoreo en la calidad de las superficies.* *76*

Tabla 20 *Control de calidad de la limpieza y desinfección de las superficies y áreas del laboratorio.* *78*

Tabla 21 *Registro del monitoreo de la calidad del aire mensual en las diferentes áreas de Microbiología.* *79*

Tabla 22 *Registro del monitoreo de la calidad del aire diaria.* *80*

Tabla 23 *Registro del control de bandejas y sellador.* *81*

Tabla 24 *Registro del control de calidad del uso y eficacia de la luz UV* *82*

Tabla 25 *Registro del control biológico de lámpara UV.* *83*

Tabla 26 *Registro de temperatura de los equipos isotérmicos en el área de Microbiología.* *85*

Tabla 27 *Registro de la corrección de los equipos isotérmicos en las diferentes áreas de Microbiología* *86*

Tabla 28 *Registro de la verificación de balanzas* *87*

Tabla 29 *Registro del control de la preparación de medios de cultivo, realizados en los meses agosto, septiembre y octubre.* *88*

Tabla 30 *Registro del Control de la calidad del agua destilada de uso en Microbiología.* *90*

Tabla 31 *Registro de la verificación del lavado de material de vidrio* *91*

Tabla 32 *Registro del control de esterilización.* *93*

Tabla 33 *Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de agosto* *98*

Tabla 34 *Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de septiembre*……100

Tabla 35 *Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de octubre*.....*102*

Tabla 36 *Registro de porcentaje de recuperación del mes de septiembre de la matriz agua marina.* *104*

Tabla 37 *Registro de la carta control del criterio de precisión*.....*105*

Tabla 38 *Registro de datos primarios de la matriz agua superficial – mes de agosto.*.....*107*

Tabla 39 *Registro de datos primarios de la matriz agua subterránea – mes de agosto.*.....*109*

Tabla 40 *Registro de datos primarios de la matriz agua residual industrial – mes de septiembre* *110*

Tabla 41 *Registro de datos primarios de la matriz agua marina – mes de septiembre*.....*112*

Tabla 42 *Registro de datos primarios de la matriz agua residual domestica – mes de octubre*...*113*

Tabla 43 *Registro de datos primarios de la matriz agua residual no domestica – mes de octubre.* *114*

Tabla 44 *Registro del porcentaje de recuperación de la muestra de agua del mes de agosto*.....*119*

Tabla 45 *Registro del porcentaje de recuperación de la muestra de agua del mes de octubre*...*120*

Tabla 46 *Registro del porcentaje de recuperación de E.coli*.....*122*

Listado de Figuras

Figura 1 *Fundamento de reactivo Colilert. 26*

Figura 2 *Resultados del colilert, para coliformes totales y E. coli.....26*

Figura 3 *Reacción Sterikon.....49*

Figura 4 *Viraje prueba azul de Bromotimol 53*

Figura 5 *Reacción cinta indicadora.....54*

Figura 6 *Pozos amarillos positivos para coliformes totales.....69*

Figura 7 *Pozos fluorescentes positivos para E.coli. 70*

Listado de Cuadros

Cuadro 1 *Control de desempeño o blanco de método.....51*

Listado de Ilustración

Ilustración 1 *Ilustración de diluciones para muestras de agua.....67*

1. Resumen

El presente trabajo de pasantía tiene como objetivo realizar los controles de calidad en cada etapa de los análisis microbiológicos, con la finalidad de garantizar resultados confiables para los clientes. Además, se brindo apoyó en los procedimientos analíticos del laboratorio, desempeñando como función principal el análisis en la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de aguas continentales, con el uso de la técnica de sustrato definido colilert por el método número más probable (NMP). Esta técnica es una de las más empleadas debido a su alta precisión en la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de agua.

El trabajo concluye que la implementación del aseguramiento de la calidad en el laboratorio es primordial para garantizar la confiablidad de los resultados y prevenir errores tanto antes como durante el análisis de las muestras de agua. El desarrollo de la práctica permitió reforzar la formación profesional por medio de la obtención de nuevos conocimientos y la ejecución de estos en los procedimientos de análisis microbiológico en el laboratorio.

2. Introducción

El presente trabajo de pasantía aborda el proceso y los resultados de carácter académico correspondientes a la práctica realizada en el área de microbiología del laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental, ubicado en la ciudad de Bogotá. Este laboratorio está acreditado por el IDEAM, en parámetros como coliformes totales, termotolerantes y *E.coli* en aguas continentales por el método de sustrato definido colilert.

El aseguramiento de la calidad, son procedimientos del laboratorio que definen las acciones empleadas para generar cifras con precisión y sesgo conocido. Funcionan como un proceso para disminuir los errores analíticos, permitiendo la creación de datos confiables con una adecuada precisión y exactitud (Paitán et al., 2019).

En el laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental, el aseguramiento de la calidad se lleva a cabo siguiendo el instructivo establecido en el laboratorio de microbiología, donde se realizan los controles correspondientes para cada proceso del laboratorio; así como, la digitación de los resultados en los formatos establecidos y la revisión de las cartas control. El laboratorio se rige bajo la norma ISO/IEC 17025: 2017, por lo que es necesario implementar todos los controles de calidad mencionados en el apartado 7 de la metodología del presente trabajo, los cuales son tomados del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, siendo este un método normalizado. Es importante destacar que estos controles se deben realizar antes, durante y después de los análisis de las muestras de agua, con el fin de asegurar la confiablidad de los resultados.

Por otra parte, dentro de los parámetros fundamentales en el área de microbiología está el análisis de la calidad del agua, debido a que este recurso está propicio a tener agentes patógenos (bacterias, virus y parásitos). La existencia de estos microorganismos perjudiciales para la salud

presentes en las fuentes de agua, es motivo de preocupación a nivel de salud pública, puesto que su ingesta llega a ser foco de numerosas enfermedades. En cuanto a bacterias, las que más prevalecen en las muestras ambientales son las presentes en el tracto gastro intestinal del hombre y animales de sangre caliente. Estas, al ser expulsadas a través de las heces, contaminan las fuentes de agua. Determinar, aislar y comprobar la presencia de estas bacterias en su totalidad, generaría demasiado tiempo y trabajo para el personal de laboratorio encargado de dichos análisis. Por ello, se escogieron solo dos grupos de bacterias, coliformes totales y *E.coli*, como indicadoras de contaminación en muestras ambientales, por ser microorganismos de fácil y rápida detección a nivel de laboratorio (Mejía, 2018).

Dando cumplimiento a los objetivos de la práctica empresarial, se tomó la decisión de apoyar al laboratorio en la determinación y análisis de los coliformes totales y *E.coli* presentes en las muestras de agua ambientales. Esto se realizó siguiendo los protocolos establecidos por el laboratorio y siempre bajo la directriz de la persona encargada del área de microbiología de la empresa.

El método Colilert se aconseja para el análisis microbiológico de agua potable, agua residual industrial, agua marina, agua subterránea, agua superficial, agua doméstica y agua no doméstica. Lo anterior, es gracias a que el método brinda la identificación y enumeración de estos microorganismos en menor tiempo y con más especificidad que las técnicas tradicionales.

En este contexto, el presenten trabajo tuvo como objetivo mantener el aseguramiento de la calidad en el laboratorio de microbiología, así como ejecutar el análisis microbiológico de muestras de agua mediante la técnica Colilert. Además, se buscó fortalecer el conocimiento tanto en el aseguramiento de la calidad como en los procesos analíticos, con el fin de garantizar resultados confiables.

3. Justificación

La justificación de este trabajo de práctica reside en la contribución brindada al laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental, mediante la ejecución del análisis microbiológico de las muestras de agua y el mantenimiento del aseguramiento de la calidad. Asimismo, en la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas y operacionales del profesional en formación de microbiología. Con la finalidad de asegurar que los resultados obtenidos por la técnica de Colilert sean confiables. Lo expuesto anteriormente, es importante debido al incremento en la contaminación de las fuentes hídricas, lo que ha provocado un aumento en la demanda de monitoreos ambientales, exigiendo análisis precisos, rápidos y confiables, como lo ofrece el método Colilert. Este método es altamente conocido por su efectividad y simplicidad, convirtiéndose en una herramienta clave para la identificación y cuantificaciones de coliformes totales y *E.coli* en agua.

El agua el componente inorgánico más importante del planeta tierra, igualmente el que más emplea el cuerpo humano para llevar a cabo los procesos fisiológicos. Sus propiedades facilitan su acción como regulador de pH y disolvente, así como, entorno de diferentes seres vivos. La ingesta de agua por la población humana es vital para la supervivencia, esto es a causa de que el consumo de este líquido permite la hidratación de las células y la ejecución de reacciones químicas vitales para mantener la homeostasis y el adecuado funcionamiento del sistema anatómico del cuerpo humano. El agua es un derecho fundamental, en vista de que al ser un recurso vital en constante disminución dificulta el sostenimiento de las actividades humanas y procesos naturales (Torres, 2021).

Sumado a esto, Ochoa (2021), argumenta como deber, que “el agua es vital para asegurar el cumplimiento de los derechos como la salud, la alimentación e inclusive el saneamiento ambiental”. Por ello, la gestión y manejo correcto desde los ámbitos político, económico y social establece las

garantías para cumplir la protección de los derechos humanos. En tal sentido, refiere que en Latinoamérica la accesibilidad limitada al agua potable motivó diversos proyectos en beneficio de asegurar la disponibilidad, calidad y abastecimiento. Dentro de las iniciativas se encuentra la Declaración Latinoamericana del Agua en el año 2009, donde este fue declarado patrimonio común de la comunidad de la región y, como un derecho vital inseparable a la vida y a la dignidad humana.

De allí que, el acceso al agua segura y de calidad sea primordial para la seguridad de la salud pública y la sostenibilidad ambiental. En este contexto, los laboratorios ambientales deben cumplir con la obligación de asegurar que los resultados analíticos sean confiables, de tal forma que se pueda tomar decisiones acerca de la inocuidad y calidad del agua. Para lo anterior, el laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental cuenta con un aseguramiento de la calidad. La implementación de este aseguramiento de la calidad está reglamentada bajo la ISO/IEC 17025, siendo de vital importancia, ya que se indica cuáles son las condiciones generales para la imparcialidad, la competencia y el funcionamiento adecuado de los laboratorios. Esta norma facilita a los laboratorios la implementación de sistemas de calidad robustos, permitiéndoles evidenciar que son técnicamente competentes con la destreza de generar resultados confiables. En complemento, se cuenta con una marcha analítica, representando un conjunto de procedimientos que se ejecuta para desarrollar el análisis. Este protocolo operativo orienta el procedimiento analítico, y su adecuado funcionamiento es primordial para obtener resultados válidos.

Ahora bien, para el monitoreo de la calidad del agua se ha establecido el uso de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Últimamente se han puesto en práctica innovadoras técnicas fundamentadas en sustratos cromogénicos y fluorogénicos, donde por medio de la actividad enzimática de estas bacterias indicadoras permiten su rápida detección; considerando que estos

medios de cultivo son de gran relevancia por su susceptibilidad y rápida detección de los microorganismos presentes en las muestras de aguas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

- Asegurar la calidad en la marcha analítica para el análisis de Coliformes y *E. coli* en muestras de agua en el laboratorio de microbiología ambiental.

4.2 Objetivo Específico

- Realizar los controles de calidad en cada etapa de los análisis microbiológicos, garantizando resultados confiables y el registro de todas las actividades relacionadas con el aseguramiento de la calidad, en cumplimiento con el método estándar internacional (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).*
- Apoyar los procedimientos en la determinación de coliformes totales y *E.coli* en muestras de agua superficial, subterránea, residual no doméstica, residual doméstica, residual industrial y marina, mediante la técnica de sustrato definido Colilert.

5. Antecedentes de Estudio

Para la elaboración del presente trabajo es fundamental estipular un marco de antecedentes y abordar los estudios e investigaciones realizadas por diferentes autores enfocados en el análisis microbiológico del agua, bajo la tecnología de sustrato definido colilert. En las siguientes secciones se efectuará una revisión sobre el tema ya mencionado, desde el ámbito internacional al nacional.

5.1 Antecedentes Internacionales

En primer lugar, es relevante revisar el trabajo ejecutado por Vergara et al. (2023) titulado "Calidad del agua de una playa del pacifico de Panamá: Condiciones fisicoquímica y bacterias fecales", donde se realizó el muestreo en la playa río mar en el Golfo de Panamá. En la investigación se reunieron 24 muestras de agua superficial de diferentes puntos de la playa, las cuales fueron analizadas por el método Colilert (IDEXX Laboratories). Los resultados mostraron que las aguas superficiales de la playa de Río Mar presentaban valores máximos de recuento en coliformes fecales y *E. coli* en el periodo de sequía y disminuyeron en época de lluvia. Las posibles causas de este comportamiento incluyen cambios en las condiciones ambientales, las actividades turísticas, de ocio y el vertimiento de aguas residuales, favoreciendo el aumento de bacterias fecales en la temporada de sequía. Por lo tanto, en el estudio se recomendó implementar un programa de monitoreo de la calidad de las aguas en playas con el fin de originar información acerca de la contaminación microbiológica.

Teniendo en cuenta a Genter et al. (2019) en su estudio titulado " Evaluación del nuevo sustrato RUG para la detección de *Escherichia coli* en aguas de sitios de campo templados (Zurich, Suiza) y tropicales (Bushenyi, Uganda)" se evaluó el empleo del medio AT-RUG como tecnología enzimática para la identificación y cuantificación de *Escherichia coli* en aguas de diversas áreas climáticas, esta investigación comparó la eficiencia del AT- RUG con el método colilert debido a que

está certificado en diferentes países para analizar muestras de agua, brindando exactitud, precisión y confiabilidad en los resultados. En este estudio se evidencio que AT-RUG puede llegar a detectar concentraciones similares de *E.coli* a las que se detecta con el método colilert, presentó una sensibilidad del 94.0% comparada con m-TEC y 99.8% el método de sustrato definido colilert. Sin embargo, se concluye que el método colilert para el análisis de agua en diferentes áreas climáticas presenta un mejor límite de detección.

De acuerdo con Álvarez et al; (2012) en su investigación titulada "Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó realizado en La Habana, Cuba", encaminan su investigación en determinar la intensidad de los indicadores fisicoquímicos, igualmente la calidad microbiológica del agua ubicada geográficamente en el río Luyanó, a causa de que este cuerpo de agua capta los vertimientos de aguas residuales. Igualmente, es un lugar de prácticas recreativas y agropecuarias, debido a lo cual está agua implica un riesgo para la salud pública de la población. Para ejecutar este proceso se realizó un total de ocho muestreos en un lapso de dos años en diferentes estaciones de muestreo en una parte de 5 Kilómetros. Para el análisis en el laboratorio se ejecutó la técnica sustrato definido colilert para *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes. los autores refieren que durante el lapso de muestreo las concentraciones de los coliformes en las estaciones de lluvia y de verano no contaron con altas variaciones a diferencia de *E. coli* que durante las estaciones lluviosas incrementó sus concentraciones excediendo los límites permitidos por la legislación sanitaria de Cuba. Con lo expuesto anteriormente, se llegó a la conclusión que el agua del río Luyanó no es apto para uso de ocio ni agrícola.

A la vez, Kinzelman et al. (2005), plantea como título de su investigación "Uso de IDEXX Colilert-18® y Quanti-Tray/2000 como método de enumeración rápido y sencillo para la implementación de programas de monitoreo y notificación de aguas recreativas" los autores

estudiaron el empleo de métodos rápidos para el análisis microbiológico de muestra de agua recreativas en las playas del Lago Michigan, EE. UU, esto lo ejecutaron empleando la tecnología IDEXX Colilert-18® y Quanti-Tray/2000 para la identificación de *Escherichia coli*, comparando esta técnica con las tradicionales como filtración por membrana. Los resultados evidenciaron que el método sustrato definido colilert es más rápido y más preciso que el método tradicional, Las concentraciones de *Escherichia coli* cambiaron significativamente, desde menos de 1 MPN/100 mL hasta 4,300 MPN/100 mL, este factor está sometido a la playa y las condiciones ambientales. IDEXX Colilert detectó concentraciones de *E. coli* que superaron el umbral recomendado por la USEPA (235 MPN/100 mL), lo que tendría como consecuencia cerrar las playas.

5.2 Antecedentes Nacionales

Robayo (2019), planteó como objetivo principal "Apoyar el análisis del recurso hídrico de la jurisdicción de la CAR, en la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli* mediante la técnica de sustrato definido colilert por el método número más probable (NMP) - Bogotá". Durante este estudio se analizaron muestras de agua bajo la tecnología de sustrato definido colilert, donde las muestras fueron mayoritariamente aguas superficiales, subterráneas, residuales y potable. Robayo llegó a la conclusión de que la técnica es altamente confiable debido a la precisión y exactitud en la determinación de coliformes totales y *E.coli*. Asimismo, determinó que es un método rápido y sencillo para el análisis de un elevado número de muestras, así como la rapidez en la que se obtienen los resultados (24 horas) a diferencia de las técnicas tradicionales.

Por otra parte, Sanchez et al. (2022), propone como objetivo principal "Evaluar la calidad microbiológica del agua para consumo humano en las veredas El Alto del Águila y El Tunal del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca". Durante esta investigación se determinó que el agua suministrada a las diferentes veredas del municipio de Zipaquirá no era apta para el consumo humano,

debido a la presencia de coliformes totales y *E.coli* en las muestras de agua. Para ello se tomaron muestras de aguas tratadas de las veredas mencionadas y se analizaron por la técnica de colilert. Los resultados se compararon con la normativa vigente, obteniendo que 5 de las 6 muestras analizadas dieron positivo, esto arrojó un Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) de 40 en un nivel de riesgo alto, presentando un peligro para la salud pública de la comunidad. Se concluyó en este estudio que la tecnología de sustrato definido Colilert empleada para determinar la calidad del agua, fue fundamental para establecer el nivel de riesgo que presentaba el agua, permitiendo tomar las medidas correctivas correspondientes para el tratamiento de este suministro de agua.

Fontalvo et al. (2020), propone como objetivo de su investigación "determinar la calidad microbiológica del agua en tres playas del sector turístico de Santa Marta en temporadas turísticas altas y bajas" tomando como lugares de estudio las playas de Pozos Colorados, Playa Salguero y Neguanje. El análisis se ejecutó en un lapso de 6 meses, ubicando las estaciones en estos meses, donde sus parámetros microbiológicos evaluados fueron coliformes totales y *E.coli* por medio de la tecnología de sustrato definido colilert. Los resultados indicaron que las concentraciones más altas de estos parámetros se hallaron en las playas de Salguero y Pozos Colorados durante la temporada alta, esto estuvo relacionado con los vertimientos de aguas residuales y el aumento de turistas en estas temporadas de vacaciones. Por otro lado, la playa de Neguanje fue la que presentó concentraciones más bajas, esto se debe a la ubicada geográfica de la playa en el Parque Nacional Natural Tayrona, está un área resguardada y preservada localizada en las afueras de la ciudad de Santa Marta, motivo por el cual no presenta vertimientos de aguas residuales, igualmente no sobrepasa la capacidad de turísticas en temporada de vacaciones. Finalmente concluyeron que la tecnología de sustrato definido colilert permitió establecer que las playas de Pozos Colorados y Salguero no cumplen con los

requisitos microbiológicos para realizar actividades recreativas como natación, pesca, regulado por el MADS por medio del Decreto 1076 de 2015.

6. Marco Teórico

El marco teórico que se establece a continuación favorece comprender los conceptos básicos en relación a los factores e indicadores de contaminación microbiológica del agua y cómo estos microorganismos logran ser detectados por la tecnología de sustrato definido (DST) conocido como Colilert, el cual es empleado en el área de microbiología de Consultoría y Monitoreo ambiental.

Colombia posee una cantidad considerable de afluentes de aguas naturales, las cuales son de gran importancia para el consumo humano, doméstico, industrial. El laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental se realiza el análisis de muestras de agua como: Agua residual doméstica, agua potable, agua residual industrial, agua no doméstica, agua marina, agua superficial y subterránea. Adicionalmente, brinda el servicio a todo cliente externo que presente un vertimiento o necesite efectuar análisis de muestras de agua.

6.1 Marcha Analítica

Es el conjunto de procesos estructurados y sistemáticos aplicado para analizar muestras, con la finalidad de asegurar resultados confiables. La marcha analítica llega a abarcar desde la recolección de la muestra hasta la interpretación de los resultados. Este procedimiento busca disminuir los errores para obedecer los requisitos regulatorio (Gianoli et al., 2019).

6.2 Calidad del Agua

El estado del recurso hídrico se puntualiza mediante la composición química y las características físicas y biológicas, que ha obtenido mediante los diversos procesos naturales y antropogénicos (Laureano, 2023). En los contaminantes nativos del agua se hallan bacterias, virus, parásitos, solidos orgánicos e inorgánicos y sustancias orgánicas solubles. Sin embargo, estos agentes contaminantes naturales no todas las ocasiones causan daño. No obstante, lo que causa que sea una

sustancia contaminante es su presencia en altas concentraciones. La concentración de los contaminantes naturales se incrementa por compuestos provenientes de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, minerales, domésticas. Debido a esta razón, para conservar y asegurar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento, se aconseja ejecutar un seguimiento, control y monitoreo continuo, con la finalidad de asegurar los parámetros y normas establecidas para sus diversos usos (Marín, 2019). Factores de la calidad del agua:

a) Factores físicos: La calidad del agua aumenta la parte morfológica de la misma, incluyendo a la turbidez, el color y la temperatura y solidos suspendidos.

b) Factores químicos: Cualquier desarrollo industrial causa la contaminación de las fuentes hídricas, en contacto con metales pesados como el plomo, arsénico, mercurio y cromo. Se incrementa toda actividad agrícola que contamina al emplear uso de fertilizantes con agua, nitratos y nitritos. Asimismo, el empleo inapropiado de plaguicidas ayuda a la contaminación del agua.

C) Factor biológico: Existen diversos microorganismos que contaminan el agua, dentro de los cuales se encuentra en mayor incidencia las bacterias como los Coliformes totales y *E.coli.*

6.3 Coliformes Totales

Son bacterias Gram negativas con una forma alargada, cuenta con un metabolismo respiratorio y fermentativo de lactosa con producción de ácido y gas. Se clasifican por su habilidad de crecer tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, además son oxidasa negativa, no formadoras de esporas y cuentan con la actividad enzimática de la β-galactosidasa. Son indicadoras de contaminación microbiológica (Molina & Herrera, 2020).

6.4 *Escherichia coli*

Es un bacilo de 1.5 por 4µ, la mayor parte de las especies presentan movilidad por la presencia de flagelos perítricos. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa, tienen un metabolismo

respiratorio y fermentativo, hacen parte del microbiota normal del intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. Es considerado un microorganismo indicador de contaminación de origen fecal, específicamente las cepas de *E.coli*, coloniza el tracto gastrointestinal. Por otro lado, el Ministerio de Salud y Protección social & Instituto Nacional de Salud (MINSALUD, 2015), indican que: "*E coli* es una bacteria gram negativa, bacilo, a menudo hallada en el tracto gastrointestinal de los mamíferos y en nichos con abundancia en materia orgánica como el estiércol, al ser localizada en el agua y los alimentos se emplea como indicador de contaminación fecal". Gran parte de las cepas son saprofitas. Los investigadores demuestran que en el tiempo presente persisten seis cepas patógenas: *Escherichia coli* enteroinvasivos, *Escherichia coli* enterohemorrágica, *Escherichia coli* enteropatogénicos, *Escherichia coli* enterotoxigénicos, *Escherichia coli* enteroagregativos, *Escherichia coli* (Donoso & Vera, 2024).

6.5 Microorganismo Indicadores de la Calidad del Agua

Los microorganismos indicadores son los encargados de proporcionar la información de cuando la muestra de agua estuvo sometida a fuentes de contaminación por la presencia de microorganismos patógenos. Estos microorganismos presentan requerimientos para ser indicadores de contaminación, como los siguientes: Hallarse en heces humanas o animales en altas concentraciones, no multiplicarse en el agua, La susceptibilidad de destrucción y persistencia debe ser semejante a la de los microorganismos patógenos. Dentro de las principales bacterias que se usan como indicadores de la calidad del agua son las del grupo coliforme, debido a su resistencia a procesos de destrucción. Los coliformes son usados para identificar la calidad sanitaria del agua y su presencia indica contaminación fecal (Cajas, 2019).

6.6 Análisis Microbiológico del Agua

El análisis microbiológico se ejecuta con la finalidad de examinar la presencia, ausencia y concentración de microorganismos que se hallan en las muestras de agua. En relación a los microorganismos indicadores, se sugiere que ninguna muestra de agua supere el contenido de *E.coli* en 100 cm independientemente del método empleado (Caro & Tobar, 2019).

6.7 Tecnología de Sustrato Definido Colilert

La prueba de sustrato definido Colilert de IDEXX Laboratories, se emplea en la mayoría de los países para la detección simultánea de coliformes y *E. coli*. Generalmente, Colilert necesita menos de un minuto para el análisis de cada muestra; está certificado internacionalmente para pruebas de cumplimiento. De igual forma, Colilert comprobó ser de un 20 a un 50% más económico que los métodos tradicionales. De esta manera, esta tecnología de sustrato definido Colilert presenta las siguientes cualidades (Mejía, 2018):

Fácil uso

- Su comodidad al momento del uso facilita la capacitación
- Esta técnica evita la preparación de medios de cultivo
- No se requiere repetir la prueba por contaminación con heterótrofos.

El método está certificado por entidades internacionales

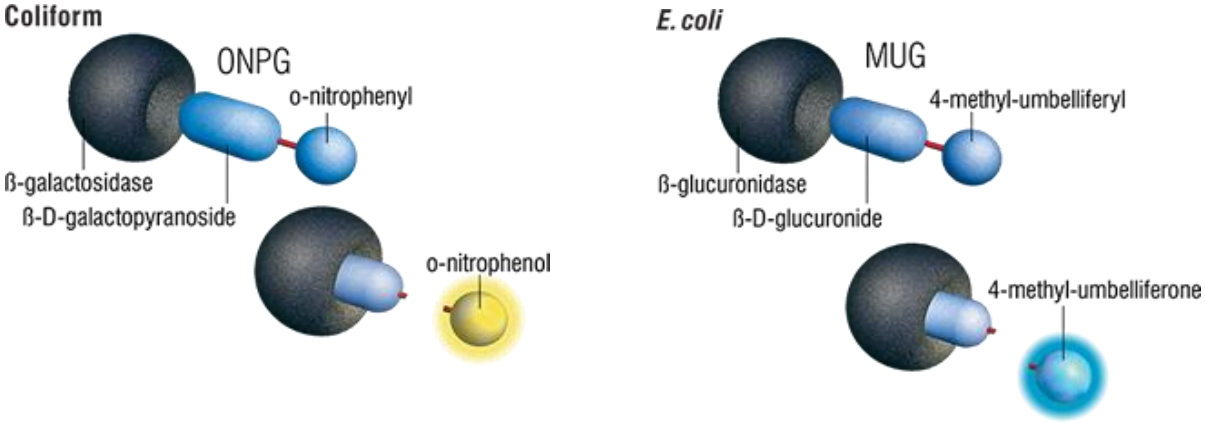
- Certificado por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), AOAC (Association of oficial analytical chemists), IBWA (The International Bottled Water Association), EBWA (European Bottled Watercooler Association),y admitido por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Métodos Normales para el Examen del Agua y Aguas Residuales).

- Certificado en los siguientes países: Gran Bretaña, Taiwán, Estados Unidos, Canadá, Japón, Colombia, Argentina, Brasil, Chile, México, Malasia, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Irlanda, Islandia, y aceptado para pruebas de cumplimiento en varios países.
- Más del 90% de los laboratorios de Estados Unidos emplean el Colilert.
- Detecta coliformes totales y *E. coli* al mismo tiempo, en 24 horas.
- No se requieren pruebas confirmatorias.
- No requiere limpieza del material de vidrio
- Identifica *E. coli* inequívocamente, lo que excluye las notificaciones públicas a causa de resultados positivos falsos producidos por *Klebsiella pneumoniae.*
- Inhibe alrededor de 2 millones de heterótrofos por cada 100 ml
- Quanti-Tray® aporta recuentos de hasta 200 por cada 100 ml sin diluciones

Esta tecnología es practica para detectar simultáneamente coliformes totales y *E. coli*. Para esto, contiene dos nutrientes indicadores, ONPG (o-nitrophenyl-b-D-galactopyranoside) y MUG (o-metyl umbelliferone-b-D-glucuronide), siendo estos los nutrientes primordiales del colilert y son metabolizados por la enzima coliforme β-galactosidasa y β-glucoronidasa de *E.coli*, respectivamente (Figura 01). Cuando los coliformes usan la β-galactosidasa para metabolizar ONPG de Colilert, éste cambia a un color amarillo. La βglucoronidasa es usada por *E.coli* para metabolizar el MUG, generando así fluorescencia (Figura 02). Si los microorganismos no cuentan con estas enzimas, no generarán interferencias en el proceso. Lo anterior se debe a que la matriz formulada inhibe otros microorganismos no coliformes que puedan producir la enzima características (Mejía, 2018).

Figura 1

Fundamento de reactivo Colilert.



Nota. Fundamento del reactivo Colilert y las enzimas involucradas en la reacción. Adaptada de "Environmental Microbiology" [Imagen de reacción enzimática] IDEXX, 2019, https://images.app.goo.gl/qtnBgeFBCLXDrg76A

Figura 2

Resultados del colilert, para coliformes totales y E. coli.



Nota. Resultados de la técnica colilert para coliformes totales y *E.coli* con su respectivo cambio de color. Tomada de "Microbiología Ambiental -Tercera edición" [Imagen de resultados de la reacción] IDEXX, 2020, https://images.app.goo.gl/qtnBgeFBCLXDrg76A

6.8 Agua Residual Industrial

Las aguas residuales industriales se generan de los procesos de transformación en donde el agua está relacionada, debido a la actividad económica de la empresa que los produce. En pocas palabras es el agua que se emplea en la industria para los procesos de producción y fabricación (Gabriel et al., 2018).

6.9 Agua Residual Doméstica

Es el agua resultada de todas las actividades realizadas en el hogar, como lo es: Lavar, cocinar, aseo personal. Lo anterior ocasiona que estas aguas contengan una gran cantidad de sustancias inorgánicas y orgánicas, esto provoca que el tratamiento de estas aguas sea esencial para la salud pública y el medio ambiente (Vargas et al., 2020).

6.10 Agua Subterránea

Es la fase del ciclo del agua que corresponde al subsuelo, en la que el agua se ha suministrado a través del suelo, integra las aguas subterráneas. El suelo almacena una gran parte de esta agua como lo son: agua capilar, agua absorbida (Piguave et al., 2019).

6.11 Agua Superficial

Es aquella agua que se encuentra en la superficie de los continentes, generada por la escorrentía originada a partir de las precipitaciones, dentro de estas aguas superficiales se encuentran: Arroyos, ríos, lagos y embalses.

Como ya se ha mencionado, compone un recurso vital para la vida, y no se cesa de pedir con urgencia su protección. El tiempo dará la razón, debido a que el recurso es limitado y la capacidad del hombre de dañar este recurso es impresionante. No solo es el tema de mitigarlos problemas de

sequía. Asimismo, los inconvenientes persistentes provocados por la calidad sanitaria de las aguas "potables" (Vidal et al., 2021).

6.12 Agua Marina

Estas aguas se encuentran en mares y océanos, es salada a causa de la concentración de sales minerales disueltos, especialmente cloruro de sodio.

La contaminación microbiológica del agua en los ambientes marinos y costeros es causada directa o indirectamente por actividades humanas provocando daños nocivos para la salud. Los estuarios, la playas arenosas y costas rocosas captan vertimientos de aguas residuales, presentando como consecuencia la estimulación del crecimiento bacteriano de los grupos autóctonos (Tasa et al., 2023) .

6.13 Agua No Doméstica

Son aguas provenientes de la producción y actividades de los diversos tipos de industrias y no de viviendas. Dentro de estas industrias se encuentran empresas de alimentos, plantas de tratamiento de metales, refinerías de petróleo, mataderos. Lo anterior provoca una alta concentración de contaminantes, mayor a las que presentan las aguas residuales domésticas (MADS, 2015).

6.14 Aseguramiento de la Calidad

Son las operaciones del laboratorio que especifica las medidas empleadas para generar datos precisos y sin ningún tipo de sesgo. Se usa para evitar cualquier tipo de error al momento del análisis de las muestras, Lo anterior se logra empleando prácticas que minimicen las interferencias que se puedan presentar a lo largo del análisis. El aseguramiento de la calidad en un laboratorio de monitoreo ambiental se puede llevar a cabo con la implementación de controles tanto en la marcha analítica

como en los datos primarios, que proporcione documentación objetiva que efectivamente se ejecutan todos los controles para garantizar la confiabilidad de los resultados (Mejía, 2018).

6.15 Monitoreo de agua

Es el seguimiento y la verificación de los parámetros químicos, microbiológicos, físicos así como factores de peligro en los sistemas de suministro de agua (Larrea et al., 2022).

7. Marco Legal

Para el presente trabajo es importante estipular el marco legal tanto internacional como nacional, con el fin de conocer cuáles son las normativas que dictan tanto a las industrias como a los laboratorios los análisis microbiológicos del agua que se deben llevar a cabo.

Debido al aumento en la contaminación de las fuentes hídricas ocasionados principalmente por las actividades antropogénicas y las grandes industrias, se desarrollaron diversos esfuerzos por parte de los diferentes entes regulatorios para implementar normativas que disminuyan el impacto de estos vertimientos en los cuerpos de agua.

7.1 Marco Legal Internacional

7.1.1 Norma ISO 17025 - 2017

Brinda los requisitos principales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Esta normativa detalla los criterios para garantizar la calidad de los resultados de los análisis y mediciones que se efectúan en los laboratorios. Igualmente, la gestión de las actividades relacionadas con lo anteriormente mencionado. El objetivo esencial de la norma ISO 17025 es asegurar la competencia técnica y la imparcialidad de los laboratorios de ensayo y calibración. Para conseguir esto, la norma dispone requisitos en áreas como el personal, los equipos, los métodos de ensayo y calibración, la trazabilidad de las mediciones, el muestreo, el manejo de los equipos de medición y la gestión de la calidad.

7.2 Marco legal Nacional

7.2.1 Resolución 631 de 2015

Es una normativa establecida en Colombia para regular los valores máximos permitidos en los vertimientos a cuerpos hídricos superficiales. Fue emitida por el Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (MADS), creada con el fin de salvaguardar los recursos hídricos y reducir las consecuencias ambientales producidas por las actividades industriales y domésticas.

7.2.2 Resolución 883 de 2018

Define los parámetros y los valores límites permitidos para el vertimiento puntual a cuerpos de agua marina. La normativa hace parte de las tácticas para la protección y el control de la contaminación de aguas costeras y marinas por fuentes específicas. Es un control que busca regular las sustancias contaminantes halladas en las aguas residuales que se vierten a las aguas marinas, evitando las consecuencias negativas en la calidad ambiental, con el fin de brindar protección a los ecosistemas existentes en los hábitats marinos y costeros de nuestro país.

7.2.3 Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022.

El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales) expidió esta resolución "A través de la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la Acreditación de Laboratorios Ambientales en Colombia y se toman otras determinaciones"

El objeto de la normativa es establecer los procedimientos y requisitos que están obligados a ejecutar los laboratorios ambientales tanto del sector público como privado que generen información, química, microbiológica, biótica, y cuantitativa física para los análisis ambientales relacionados a la calidad del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Dichos procedimientos y condiciones se enfocarán a asegurar el cumplimiento de lo indicado en el Decreto 1076 de 2015 del MADS.

7.2.4 Decreto 1076 de 2015

El MADS es la entidad encargada de liderar la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, responsable de orientar y regular la estructuración ambiental del territorio y de establecer

las políticas y regulaciones a las que se ajustaran la conservación, manejo, protección, ordenamiento, uso, recuperación y utilización sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, con el fin de brindar un crecimiento sostenible.

8. Metodología

8.1 Aseguramiento de Calidad en el Laboratorio

El laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental lleva a cabo protocolos definidos en el aseguramiento de la calidad, establecidos en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewate,* en donde se implementan controles y aseguramientos necesarios en el desarrollo del análisis en aguas, con el fin de garantizar la confiablidad de los resultados.

8.1.1 Muestras para Análisis

8.1.1.1 Consideraciones Generales. Semanalmente, llegaban alrededor de 180 muestras de agua, las cuales se procesaban en el menor tiempo posible desde su recolección (máximo 24h) para evitar cambios poblacionales microbianos. Las muestras se mantuvieron refrigeradas a una temperatura entre 2 – 8°C, sin congelar. Se registraron las temperaturas de recepción y las muestras se procesaron en un tiempo de 2 horas.

8.1.2 Control de ambientes y superficies

8.1.2.1 Condiciones Ambientales. El laboratorio de Microbiología realizaba actividades mensuales, en donde se asignan responsables para diferentes tareas, entre ellas las descritas a continuación.

Se realizó la toma de temperatura en:

- Área de incubación, lectura y reporte: El rango de temperatura esta entre 16 y 27°C
- Áreas de siembra: El rango de temperatura esta entre 16 y 27 °C
- Áreas de incubación: El rango de temperatura esta entre 16 y 27 °C
- Área de almacenamiento de reactivos: El rango de temperatura esta entre 15 y 25 °C.

Se realizó la toma de Humedad %:

- Se tomaron y registraron los valores de temperatura y humedad relativa 2 veces al día, separadas por mínimo 4 horas, según lo descrito en la Tabla 1. y Tabla 2.
- Se registró en el formato Registro de condiciones ambientales.

Tabla 1

Valores de temperatura y humedad permitidos de acuerdo a algunos de los equipos utilizados en el área de Microbiología.

EQUIPO	HUMEDAD %	TEMPERATURA
Balanza	De 10 a 80% a una temperatura hasta 31°C Máximo 50 % a una temperatura de 40 °C sin condensación	De 10 a 30 °C
Incubadora	Máximo 80 % sin condensación	De 16 a 27 °C

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Tabla 2

Valores mínimos y máximos de % de Humedad Relativa laboratorio de microbiología.

Área	Consolidado, valores máximos permitidos (%H)
Lectura	Máximo 80 %
Siembra aguas	
Siembra suelos	
Pesaje	Máximo 70%

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

8.1.2.2 Limpieza de Superficies y Áreas

8.1.2.2.1 Al inicio de la Jornada.

- Se encendió la luz U.V en las áreas de siembra y la cabina de seguridad biológica durante 15 minutos, en estas áreas los vidrios se encontraban cubiertos para evitar lesiones en los ojos de los trabajadores por observación directa.
- Se apagó la luz y se esperó 15 minutos antes de ingresar al área.
- Se diligenció el formato Control de uso y eficiencia de Luz UV.

8.1.2.2.2 Al Término de la Jornada

- Se realizó aspersión de la solución desinfectante en los ambientes del laboratorio.
- Se cerró la puerta de cada área para evitar corrientes de aire.

8.1.2.3 Limpieza de Mesones.

- Antes del análisis: Se limpiaron los mesones con el desinfectante que se encontró en rotación (semanal).
- Durante los análisis: Se limpiaron constantemente los mesones con el desinfectante que se encontró en rotación.
- Al finalizar los análisis: Se limpiaron los mesones con el desinfectante que se encontró en rotación.

Nota: Desinfectantes de rotación hipoclorito de sodio al 1% y amonioacuaternario 5ª.

8.1.2.4 Limpieza de Área de Siembra.

- Se limpió el área de siembra cada 20 muestras y/o cada vez que se procese una matriz con alta carga microbiana.

8.1.3 Equipos y Materiales

8.1.3.1 Temperatura de Equipos.

- Se tomó la temperatura de cualquier medio isotérmico, asegurándose de que sus puertas no hayan sido abiertas por lo menos una hora antes.
- Se diligenció el “Registro control de temperatura”, registrando la temperatura corregida, la cual se obtuvo aplicando los factores de corrección respectivos, obtenidos en la calibración del equipo.
- Se verificó el cumplimiento de la especificación de temperatura de acuerdo a la técnica analítica para cada medio isotérmico, el cual debió cumplir con especificaciones correspondientes a cada técnica.
- En caso de no tener el termómetro calibrado, se debió tomar la temperatura con un termómetro con termocupla calibrado. En el caso de las neveras las temperaturas permitidas son las siguientes:

Tabla 3

Especificación medios isotérmicos (Neveras).

Equipo	Temperatura
Nevera de muestras y medios de cultivo	2 y 8 °C
Congelador del cepario	-20° ± -2°C -5°C

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Tabla 4

Especificación medios isotérmicos (Incubadoras).

Microorganismo	T Temperatura
Coliformes totales y *E.coli*	35 ± 0.5 °C
Coliformes termotolerantes	44.5 ± 0.2 °C

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

8.1.4 Medios de Cultivo y Reactivos

8.1.4.1 Solicitud.

- Se solicitaron medios de cultivos de acuerdo a la cantidad que se iba a utilizar dentro de un año, preferiblemente 10 meses.

8.1.4.2 Recepción.

Se verificó antes de recibir el producto lo siguiente:

- Se revisó que el reactivo o medio de cultivo que se solicitó fuera el mismo que llego, con la ayuda de la referencia o No. CAS.
- Se revisó que las condiciones de almacenamiento (requerimiento de refrigeración) del reactivo o medio de cultivo fueran las apropiadas para el insumo.

Estado del envase:

- Se revisó que el envase se encuentre en perfecto estado, sin abolladuras, golpes o presencia de gas en el interior del frasco.
- Se verificó que la tapa no ha sido abierta.

Vencimiento:

- Se verificó que la fecha de vencimiento de los medios deshidratados fuera igual o superior a un año.

- Se verificó que la fecha de vencimiento para los reactivos fuera igual o superior a dos años.
- Se verificó que la fecha de preparación para medios de cultivo preparados no superaba en lo posible un mes y la de vencimiento no debía ser inferior a seis meses.

Certificado de calidad:

- Se revisó que el proveedor entregó en físico y/o digital el correspondiente certificado, el cual debió coincidir con el nombre, lote y vencimiento del reactivo entregado.
- Se archivó este documento en la carpeta correspondiente.

8.1.4.3 Preparación de Medios de Cultivo.

- Se verificó el vencimiento de la sustancia, siguiendo las especificaciones del fabricante y las descritas en los instructivos respectivos.
- Se revisaron las condiciones específicas de cada medio y/o reactivo de acuerdo a la marca y referencia: adición de suplementos, hervir antes de esterilizar, medición el pH, y requerimiento de esterilización y tiempo.
- Se pesaron las cantidades necesarias, se realizaron los cálculos y se registraron en el formato de control de medios de cultivo.
- Se utilizaron para la preparación de medios de cultivo los siguientes elementos de protección personal: guantes, gafas, gorro, tapabocas y bata antifluido.

8.1.4.3.1 Calidad del Agua Para Preparación.

- El agua para preparación de medios de cultivo, caldos de cultivo y aguas de dilución del laboratorio es destilada tipo II.

- Antes de realizar la preparación de los medios de cultivo y el agua destilada, se comprobó que TODOS los frascos utilizados, contaran con la tirilla de control de esterilización establecida, para garantizar la idoneidad del agua de dilución.

8.1.4.3.2 Control de Calidad Agua Destilada.

En la tabla 5 se muestra el control de calidad del agua destilada, detallando los parámetros químicos que se le deben evaluar al agua destilada, la frecuencia de estas evaluaciones y los límites máximos aceptables de cada parámetro.

Tabla 5

Control de calidad para el agua destilada de uso en Microbiología.

Parámetro Químicos	Frecuencia de monitoreo	Límite máximo aceptable
Conductividad	Continuamente o cada uso	< 2 µmhos/cm (µmsiemens/cm) a 25°C
Carbono orgánico total	Mensual	< 1,0 mg/L
Metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn)	Anual	< 0,05 mg/L
Metales pesados totales	Anual	< 0,10 mg/L
Cloro residual total	Mensual o con cada uso	< 0,1 mg/L
Parámetro Microbiológicos		
Heterótrofos en placa	Mensual	<500 UFC/mL o <500 NMP/mL
Prueba de uso	Nueva fuente	t student ≤ 2,78

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Se registraron los datos en formato Control de agua de uso.

Muestras de agua potable:

- Se adicionaron 0,1 mL de tiosulfato de sodio al 3% por cada 120 mL de muestra, este agente neutralizará hasta 5 mg / L de cloro residual y prevendrá la acción bactericida durante el tránsito, la tapa del recipiente debe estar identificada como TIO 3%.

Muestras de efluentes de aguas residuales cloradas:

- Se adicionaron 0,1 mL de tiosulfato de sodio al 10% por cada 120 mL de muestra, este agente neutralizará hasta 15 mg/L de cloro residual y prevendrá la acción bactericida durante el tránsito, la tapa del recipiente debe estar identificada como TIO 10%.

Tabla 6

Preparación de tiosulfato de sodio.

Concentración tiosulfato	**PREPARACIÓN**	
3%	$Na_2S_2O_3$	3 g / 100 mL de agua destilada
10%	$Na_2S_2O_3$	10 g / 100 mL de agua destilada
3%	$Na_2S_2O_3 . 5 H_2O$	4,6 g / 100 mL de agua destilada
10%	$Na_2S_2O_3 . 5 H_2O$	15,21 g / 100 mL de agua destilada

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

- Se rotuló el recipiente, se agitó la mezcla, se tapó el envase sin apretar demasiado, se marcó con marcador de vidrio y se esterilizó en autoclave a 121 °C x ≥ 15 lb/in^2 durante 15 min.
- Se refrigeró a temperatura de 2 a 8 °C.
- Se desecharon envases que contengan tiosulfato cuando este muestre turbidez (crecimiento bacteriano).

8.1.4.4 Almacenamiento de Medios de Cultivo y Reactivos.

8.1.4.4.1 Medios y Reactivos. Rotulación:

Se colocaron los siguientes datos en el medio o reactivo:

- Código interno, fecha de recepción (ejemplo: FR: 2023-10-26) responsable de la recepción, fecha de apertura (ejemplo: FA: 2023-11-03) responsable de apertura.

Almacenamiento:

- Se protegió de la luz U.V. los reactivos
- Se siguieron las instrucciones del fabricante.
- Se conservaron medios sin abrir por dos años a temperatura ambiente.
- Se almacenaron todos los medios en condiciones controladas para mantener la calidad hasta la fecha de vencimiento.
- Se evitó el exceso de humedad en el área de almacenamiento, ya que los medios deshidratados son higroscópicos por lo tanto evite el exceso de humedad.
- Se almacenaron los medios deshidratados en un recipiente bien cerrado en un lugar fresco (15 a 25 ° C), seco, área de temperatura controlada fuera del alcance del sol.
- Se registraron las condiciones de humedad y temperatura del área de almacenamiento de medios y reactivos dos veces al día en el formato de condiciones ambientales.

8.1.4.4.2 Medios de Cultivo Preparados. Se almacenaron los medios según las instrucciones del fabricante o del procedimiento estándar.

Se rotuló utilizando las etiquetas correspondientes, de la siguiente manera:

- Frascos tapa rosca: se colocó la etiqueta directamente en el frasco.

- Tubos: se marcó el recipiente que los contenía con la etiqueta y adicional a esto cada tubo con la fecha de preparación y la fecha de vencimiento.
- Cajas: se colocó la etiqueta al recipiente que los contiene y adicional cada caja con la fecha de preparación y la fecha de vencimiento.
- Se dejó solidificar a temperatura ambiente.
- Se invirtieron las placas para evitar que la condensación caiga en el medio; se guardó en bolsas plásticas o en un recipiente hermético.
- Se evitó utilizar placas con gotas de condensación, ya que esto hace que las colonias se propaguen. Se pueden secar las gotas de condensación colocando las cajas entreabiertas dentro de la cabina de seguridad biológica o colocando las placas en incubadora a 35 o 37.
- En el caso del agua tamponada se conservó esta solución refrigerada durante 6 meses y se descartaba si se observaba turbidez.
- - Para tubos (medios en tubos o agua de peptona) se ajustaron las tapas antes del almacenamiento, y se descartaba si se observaba turbidez.
- Se marcó el nivel de líquido en varios tubos (10% de cada lote) después de la esterilización, y se controló la pérdida de líquido por peso o volumen cuando se almacenó durante más de 2 semanas.
- Se descartó el lote esterilizado si la pérdida fue del 10% o más
- Ver tabla 7, donde se muestran los tiempos de almacenamiento de los medios de cultivos, así como sus temperaturas.

Tabla 7

Tiempos de almacenamiento medios de cultivo (9020: 5 Standard Methods Ed. 24 9020: V Standard Methods Ed. 23).

Medio de cultivo	Tiempo de almacenamiento	Observaciones
Caldos en frascos tapa rosca	96 h	Mantener en refrigeración (2–8 ° C)
Agar vertido en placas con tapas ajustadas	2 semanas	
Agar o caldo en tubos de tapa suelta		
Placas de agar con tapas sueltas en bolsas de plástico selladas		
Gran volumen de agar en frasco de tapa rosca o botella bien cerrada	3 meses	Mantener a < 30 °C
Agar o caldo en tubos cerrados herméticamente		

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Se autoclavaron los medios una sola vez.

- Se descartaron todas las placas de Petri con medios sólidos que se hayan almacenado durante más de 2 semanas.
- Se descartaron las placas de agar antes si están secos (por ejemplo, arrugados, agrietados o presentan alguna contaminación)
- Se controlo diariamente de tres a dos veces al día la temperatura de la nevera que contiene los medios preparados, con la ayuda de un termómetro calibrado, y se registraron en el formato correspondiente.
- Se llevaron los medios de cultivo si estaban refrigerados, a temperatura ambiente antes de usarlos y se rechazó el lote si se producía un crecimiento o respuestas falsas positivas.

- Se fundió el agar solidificándolo en un baño de agua caliente. El agar solo se puede fundir una sola vez, de lo contrario se descartaba.

8.1.5 Recipientes para Toma de Muestras

- Se identificó cada lote de recipientes estériles de vidrio de borosilicato de boca ancha con tapa rosca con las letras EST-L y el número consecutivo. Por otro lado, para recipientes estériles con tiosulfato se identificó el lote con las letras TIO-L- o TIOR-L- y el número del lote,
- Se añadió al 5% del lote de esterilización, en este caso frascos para toma de muestras microbiológicas: 100 mL de medio TSB o agua peptonada tamponada, y se incubaron a 35°C por 24 h± 2h. Se interpretaron los resultados según la turbidez del medio de cultivo. Si se presentaba turbidez había crecimiento microbiano, por lo cual se consideraba necesario descartar el lote de esterilización, si no se presentaba turbidez en el medio de cultivo el lote era aceptado.
- Se diligenció el formato “Control de esterilización por calor húmedo”.
- En caso de que fuera necesario la adición de tiosulfato, este se agregaba antes de la esterilización del envase de toma de muestra (ver tabla 8).

Tabla 8

Esterilización, lavado de cantidad y concentración tiosulfato.

Tipo de muestra	Cantidad y Concentración tiosulfato	Neutraliza cloro residual hasta	Marca en la tapa
Agua potable	0,2 mL al 3% botellas de 250 mL	5 mg/L	TIO
Residuales cloradas	0,2 mL al 10% botellas de 250 mL	15 mg/L	TIOR

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

- Se rotuló con cinta indicadora todos los recipientes antes de iniciar el proceso de esterilización en la autoclave.
- Se verificó visualmente la esterilidad de los envases, revisando al finalizar el proceso de esterilización la cinta indicadora, la cual debe mostrar líneas negras o verdes (depende de la marca).
- Se libero el lote después de llevar a cabo el control de esterilidad de envases para toma de muestras.

8.1.6 Esterilización, Lavado de Material

8.1.6.1 Material para la Rutina Analítica.

- Se preparo material suficiente, limpio y estéril para auditorías internas y externas.

8.1.6.2 Tiempos de esterilización

La tabla 9 muestra los diferentes materiales que pueden ser esterilizando mediante calor húmedo, junto con su respectivo tiempo y duración del proceso de esterilización.

Tabla 9

Tiempo de esterilización por calor húmedo.

MATERIAL	Tiempo de esterilización en min a 121°C
Medios que contienen hidratos de carbono (lauril triptosa, caldo BGB, etc.)	12-15
Materiales contaminados y cultivos para desechar	30
Partes del equipo de filtración por membrana envueltos, estos son: embudos, tapas, porta filtros, base	15 min
Botellas de recolección de muestras (vacías), cuchillas de licuadoras.	
Agua de dilución tamponada, 99 ml en botella con tapón de rosca	

Nota. Fuente: American Public Health Asociación, 2023.

8.1.7 Controles de Calidad

En la tabla 10, se encuentra el registro de los controles de calidad de las diferentes áreas y de los equipos del laboratorio de Microbiología, así como la frecuencia en la que se realizan estos controles.

Tabla 10

Controles de calidad.

NÚMERO DEL CONTROL	ITEM	CONTROL	FRECUENCIA
1	Cuartos de trabajo	Monitorear densidad bacteriana	Mensual
2	Autoclave	Comprobar la temperatura con el dispositivo de registro máximo	Semanal
		Comprobar el rendimiento con bioindicador	Mensual
		Verificar el tiempo de los tres ciclos (ciclo de acondicionamiento 15 min, ciclo de esterilización 15 min y ciclo de escape 15 min).	Trimestral
3	Balanzas	Comprobar el cero	Diario antes de usar
		Verificar la precisión con al menos 2 pesos	
4	Cabina de bioseguridad	Inspeccionar el flujo de aire	Cada uso
		Tener certificado	Anual
5	Material- agua para dilución	Comprobar esterilidad, pH y volumen	Cada lote o lote

NÚMERO DEL CONTROL	ITEM	CONTROL	FRECUENCIA
6	Cristalería (material de vidrio de borosilicato y plásticos resistentes al calor)	Inspeccionar la limpieza, grietas y grabado	Cada uso
		Compruebe el pH con azul de bromotimol	Cada lote de lavado
		Llevar a cabo prueba de residuos inhibidores.	Solo realizar cuando hay un nuevo procedimiento de lavado, cambio de detergente o detergente no apto para laboratorio
7	Horno de esterilización por calor seco	Comprobar	Cada uso
		Temperatura	
		Control biológico de esterilización por calor seco	Mensual
		Identificación de material estéril	Cada lote
8	Incubadoras	Chequear temperatura	Tres veces al día
9	Micropipetas	Verificar precisión	Trimestral
10	Microscopio	Limpiar la óptica y el portaobjetos, verifique la alineación	Cada uso
11	Sellador	Comprobar rendimiento	Mensual
12	Envase para toma de muestra	Comprobar la esterilidad	Cada lote
	Dispositivos de temperatura	Verificación de la exactitud y precisión	Trimestral
13	Unidades de trabajo	Verificación de la exactitud	Anualmente

	Unidades de referencia (termocupla)	Recertificación Calibración de sondas de temperatura	Cada 5 años Según cronograma
NÚMERO DEL CONTROL	**ITEM**	**CONTROL**	**FRECUENCIA**
14	Cronómetro	Comprobar contra la señal de tiempo nacional	Anual
15	Lámparas UV, de onda corta	Comprobar eficiencia de la bombilla	Cada uso
		Control biológico para verificación de la acción bactericida de lámparas U.V.	Trimestral
16	Unidad de trabajo	Control de esterilidad de bandejas multicelda	Mensual
17	Insumo	Control de calidad del colilert	Cada lote

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

8.1.7.1 Control No. 1. Calidad del Aire.

- Se siguió el instructivo “Monitoreo de ambientes y superficies”.
- Se monitoreó mensualmente la calidad del aire por técnica de sedimentación.
- Se registró en el formato “Monitoreo calidad del aire en microbiología”.

Nota: La población bacteriana no debe exceder las 15 UFC/15 min de exposición en áreas que no son críticas para el proceso, como: lavado y esterilización, lectura y almacenamiento de medios; para áreas críticas como: Incubación y siembra no debe exceder 5 UFC/15 min.

8.1.7.2 Control Biológico de Esterilización.

- Se introdujeron mensualmente dos ampolletas en cada autoclave las cuales contenían caldo de cultivo con esporas de *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 7953.
- Se colocaron dentro de un envase con líquido para simular el rendimiento real de esterilización en autoclave de los medios.

- Se realizó el ciclo de esterilización con una carga normal
- Se incubaron las ampolletas a 60 ± 5 °C durante 48 h.
- Se registraron los resultados en el formato: uso de autoclave y control de esterilización por calor húmedo.
- Interpretación: (Ver figura No. 3).
- Control negativo:
- Se incubó una ampolleta que no hubiese sido expuesta al procedimiento de esterilización.
- Se detectó el cambio de tono en el caldo de la ampolleta indica que el ciclo de esterilización no fue eficiente (ver figura No. 3) y se debió descartar el material esterilizado en ese ciclo o autoclavarlo nuevamente dependiendo del reactivo, material o medio de cultivo. Adicionalmente se solicitó mantenimiento y calificación del equipo.

Figura 3

Reacción Sterikon.



Nota. Resultado de la reacción del control biológico del sterikon. Tomada de “Sterikon” [Imagen de resultado de Sterikon] Labchem, 2018, https://acortar.link/gHQtKF

- Se verificó el tiempo trimestralmente los tres ciclos de la autoclave: Se utilizó un cronómetro calibrado a la señal de tiempo nacional para corroborar el tiempo de los tres ciclos para un ciclo de medios (ciclo de acondicionamiento 15 min, ciclo de esterilización 15 min y ciclo de escape 15 min).

8.1.7.3 Control no. 2. Balanzas.

- Se verificó diariamente o antes de usar. Se verificó el equipo con dos pesos, siguiendo el instructivo correspondiente al equipo. Se registraron los datos en el "Formato de verificación de balanzas".

8.1.7.4 Control no. 3. Cabina de Bioseguridad.

- Se inspeccionó el flujo de aire antes y después del uso de la cabina, se purgo el aire durante 10 a 15 minutos, y se limpió la unidad con el desinfectante que estuviera en rotación.
- Se aplicó el aseguramiento metrológico según lo establecido en el P-SE-06

8.1.7.5 Control no. 4. Control de Envases y Volumen de Agua de Dilución.

- Se verificó que los recipientes no presenten precipitado, si se presenta lavar nuevamente los envases, si continúa el precipitado debe utilizar agua de una fuente diferente.
- Se registraron los resultados en el formato "Control de esterilización por calor húmedo".

Comprobar esterilidad:

- Se tomaron una o varias de las siguientes opciones de acuerdo al método:
- Se tomó un frasco de dilución o un tubo de acuerdo a la técnica que estaba utilizando y se adicionó entre 10ml a 20 ml, y se incubó en las mismas condiciones de las muestras, verificando la turbidez del agua peptonada.
- Se verificó el 5 al 10% del lote.

Esterilidad del agua de dilución:

- Se filtraron 100 mL de MRD por una membrana de 0,45 µm, y se incubaron sobre medio no selectivo a 35 °C ± 0,5 °C durante 48 h. Si se observaba crecimiento se invalidaban todas las

muestras sembradas con ese lote de agua de dilución y se descartaban las aguas de dilución que no se han utilizado.

Cuadro 1

Control de desempeño o blanco de método.

MÉTODO		
NMP por sustrato definido	**NMP por tubos múltiples**	**Siembra en profundidad o superficie**
Tomar un recipiente con 100 mL de agua destilada estéril - Adicionar el reactivo, Agitar hasta disolución del reactivo y agregar el contenido del frasco en una bolsa Quanty-Tray®2000, Sellar e incubar en las mismas condiciones de las muestras - Verificar después de la incubación el cambio de color.	Tomar un tubo de dilución utilizado para realizar el análisis Incubar en las mismas condiciones de las muestras - Verificar después de la incubación el cambio de color o turbidez en el tubo.	Tomar una caja de agar utilizada para realizar el análisis Incubar en las mismas condiciones de las muestras - Verificar después de la incubación el cambio de color o crecimiento de microorganismos.

Nota. Fuente:American Public Health Asociation, 2023.

- Se realizó diariamente por cada lote de muestras.
- Se invalidaron todas las muestras sembradas con ese lote de agua cuando se observó crecimiento.
- Se verificó el pH para cada lote de preparación de frascos con agua o medio para dilución.
- Se tomó un recipiente de agua de dilución. Se midió el pH y se verificó que cumpliera con el rango establecido.

- Se registraron resultados en los datos primarios correspondientes a cada ensayo.

8.1.7.6 Control No. 5. Material de Vidrio.

- Se inspeccionaron y examinaron antes de cada uso la cristalería (por ejemplo, las marcas deben ser legibles) y se desecharon los artículos con bordes astillados o superficies internas vencidas. Se inspeccionó la cristalería después del lavado en busca de exceso de agua, manchas y opacidades, si estas características se dieron, se volvió a lavar el material o se desechó si fuera necesario.
- Se reemplazó la cristalería con una escritura excesiva si no se pudieron quitar las marcas.
- Se implementó el uso de papel crepado y/o papel kraft en la parte superior del material de vidrio que no contaba con su respectiva tapa, para evitar contaminación por flujo de aire.

Prueba de pH con azul de bromotimol (BTB):

- Se realizó la prueba de pH con azul de bromotimol en cada lote de lavado aleatoriamente (todos los artículos lavados al mismo tiempo) y por cada tipo de material de vidrio y de plástico resistentes al calor (puntas de micropipetas) para demostrar que no hay residuos de álcali o ácido presentes, si se encontraban residuos, se volvía a lavar la cristalería.

Preparación BTB AL 0,04%:

- Se agregaron 16 ml de NaOH 0,01N a 0,1 g de BTB y diluya a 250 ml con agua destilada.

Ejecución de la prueba:

- Se tomó al azar una pieza de vidrio de cada tipo de material lavado.
- Se adicionaron de 5 a 10 gotas de indicador de pH (azul de bromotimol) sobre la superficie del material.
- Se observó el cambio de color. Ver tabla No. 11 y figura No. 4

- Si la prueba fuera positiva (color amarillo o azul), se colocó la cristalería en agua destilada por 24 h. Se repitió la prueba hasta que el resultado sea negativo.
- En el caso de que la prueba fuera negativa (color verde) el material pudo ser utilizado.
- Se diligenció el formato de verificación de lavado de material de vidrio.

Nota: Se siguió este procedimiento cada vez que se realice el lavado de cualquier material de vidrio en el laboratorio de microbiología.

Tabla 11

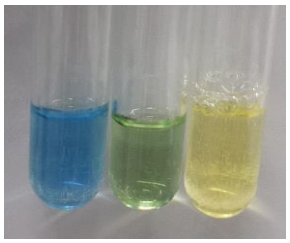
Viraje del azul de Bromotimol, según pH.

Azul de Bromotimol al 0,04%	**pH**
Verde	Neutro - negativo
Azul	Alcalino - positivo
Amarillo	Ácido - positivo

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Figura 4

Viraje prueba azul de Bromotimol



Nota. Resultados del viraje del reactivo azul de bromotimol para el lavado de material. Tomada de “Creación propia” [Foto del viraje de la prueba de azul de bromotimol]

8.1.7.7 Control No. 6. Horno de Esterilización por Calor Seco.

Temperatura:

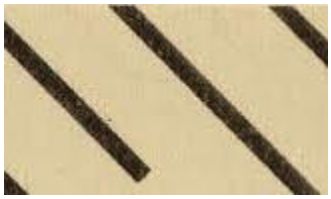
- Se midió con cada uso la temperatura del horno y se registró en el dispositivo. Debe estar dentro del rango de 160 a 180 °C

Identificación de material estéril:

- Se utilizó cinta indicadora en cada carga para identificar todo el material estéril (ver reacción de la cinta indicadora por calor seco, figura 5). Esta cinta se utilizó también para envases que se esterilizan en autoclave.

Figura 5

Reacción cinta indicadora.



Nota. Resultados del cambio de color de la cinta indicadora. Tomada de "Creación propia" [Foto de cinta indicadora]

8.1.7.8 Control No. 7. Incubadoras.

Temperatura:

- Se tomaron los registros de las temperaturas en un lapso de tres veces al día, mientras el equipo estaba en uso, las tomas de temperatura debieron estar separadas por mínimo 4 h. Se registraron diariamente los datos en el formato.
- Se aplicó el aseguramiento metrológico según lo establecido en el instructivo P-SE-06

8.1.7.9 Control No. 8. Micropipetas.

- Se verificó con precisión según el instructivo de verificación de material volumétrico.
- Se llevó a cabo este control trimestralmente.
- Se aplicó el aseguramiento metrológico según lo establecido en el instructivo P-SE-06.

8.1.7.10 Control No. 9 Microscopio.

- Se limpió en cada uso la óptica y la platina.
- Se verificó la alineación de acuerdo el instructivo de uso del equipo.

8.1.7.11 Control no. 2. Balanzas.

Control de fugas:

- Se verificó mensualmente el sellador térmico agregando una o dos gotas de colorante a 100 mL de agua desionizada.
- Se pasó la bandeja a través del sellador y se revisó visualmente cada pozo para detectar fugas.
- Se registraron los datos en el formato Control de bandejas y sellador.

8.1.7.12 Control No. 12 Cronómetro. Verificación de tiempo:

- Para unidades de trabajo, anualmente se utilizó la señal de tiempo nacional para verificar el tiempo que arroja el dispositivo.

8.1.7.13 Control de la Luz Ultravioleta.

- Se verificó y registró con cada uso el tiempo de vida útil de la Luz Ultravioleta, el cual fue de aproximadamente 5000 horas/300000 min en el formato.

Verificación de la acción bactericida de lámparas U.V:

- Se preparó un inoculo de una de las cepas ATCC (*Klebsiella aerogenes, Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* o *Klebsiella pneumoniae*) con las que cuenta el laboratorio de microbiología (ver tabla 12). Se emplean medios como TSB o Agar PCA.
- Se realizó un repique en agar PCA que contenía entre 200-300 UFC/ml. Se expuso la caja de Petri durante 2 minutos a la luz ultravioleta, adicionalmente se incubó otra caja sin ser expuesta a la luz UV, la cual fue referenciada para el cálculo.
- Se incubaron las cajas de Petri a 35°C por 48 h.
- Se recomendó reemplazar la lámpara UV, si el conteo de colonias en la placa de Petri no se reducía en un 99% o cuando cumplía con 5000 horas de uso.
- Se tomó como referencia la caja que presentó un crecimiento entre 200 y 300 colonias y se diligencio en el formato de control de luz UV.
- Se realizó el recuento de las cajas expuestas a luz UV y se diligenciaron los valores obtenidos en el formato respectivo
- Se tomó el valor de la caja referencia UFC/mL como 100% y se calculó a qué % equivalía el valor obtenido en cada caja, se registraron los resultados en el formato uso y control biológico luz UV.
- La caja identificada como referencia no se expone a radiación de luz U.V.

Ejemplo:

Caja referencia: 250 UFC/mL

Caja expuesta a radiación U.V: 2 UFC/ mL

$$\begin{array}{ccc} 250\ \mathrm{UFC}/_{\mathrm{ml}} & \rightarrow & 100\ \% \\ 2\ \mathrm{UFC}/_{\mathrm{ml}} & \leftarrow & \mathrm{X} \end{array}$$

$$\mathrm{X} = 0.8\%$$

- Se restó el % obtenido luego de exponer a la luz U.V con el 100% obtenido de la caja referencia para obtener el % de inhibición de crecimiento, este debe ser igual o mayor al 99% de lo contrario se debe reemplazar el bombillo de la lámpara de luz U.V.

Ejemplo:

$$\%\ \text{de inhibición de crecimiento} = 100\% - 0{,}8\% = 99{,}2\%$$

Por lo tanto, la lámpara fue apta para la desinfección de esa área.

Nota 1: se realizó el control trimestralmente y se monitoreó la totalidad de las lámparas de luz U.V. utilizadas para desinfección.

Nota 2: se repitió el análisis para todas las lámparas, si no se obtuvo un recuento entre 200 y 300 colonias.

Eficiencia de la bombilla luz U.V:

- Se utilizó el control positivo de colilert para verificar la eficiencia del tubo de luz U.V
- Se realizó este control cada vez que se utilizó la lámpara de luz U.V. y se registró en el formato correspondiente a sustrato enzimático.
- Se reemplazó la bombilla cada año o cuando se llegó al máximo de horas de vida útil.
- Se desconectaron las lámparas mensualmente y se limpiaron las bombillas con un paño suave humedecido con etanol (70% de etanol / 30% de agua de grado reactivo).

En la tabla 12, se muestran las cepas de referencia con las que cuenta el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental. Estas cepas se emplean como controles positivos y negativos.

Tabla 12

Cepas de referencia control Colilert.

	Control Positivo	**Control Negativo**
Coliformes totales y *E.coli*	*Klebsiella pneumoniae* 13883 y *E. coli* ATCC 25922	*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
Coliformes termotolerantes	*E.coli* termotolerante ATCC 11775	*Citrobacter freundii* o *Klebsiella aerogenes* y/o *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

8.1.7.14 Control No. 15. Control de Esterilidad de Bandejas Multicelda.

Se verifico la esterilidad de bandejas multicelda de la siguiente manera:

- Se agregaron asépticamente 100 ml de caldo tripticasa soya (TSB) a una bandeja quanti- tray.
- Se sellaron las bandejas e incubaron a 35°C ± 0,5 durante 24 horas.
- Se verificó el crecimiento: Ningún crecimiento indica esterilidad. Si los pozos se tornan turbios y hay producción de gas, indica que no hay esterilidad.
- Se realizó mensualmente y se registró en el formato.

8.1.7.15 Control No. 16. Control de Calidad del Colilert.

- Se verificó cada vez que se inicia un nuevo lote de colilert
- Se realizó un ensayo de productividad tomando una asada del microorganismo utilizado para el control positivo según la técnica que corresponda (Ver tabla 13). Se inoculó el microorganismo en 100 ml de agua estéril.
- Se registraron en el formato correspondiente las características observadas, pozos con coloración amarilla son positivos para coliformes totales y fluorescencia para *E.coli.* Por otro lado, si no se presentan estas características se reporta como < 1 NMP/ mL.

Tabla 13

Ejemplo del cálculo del criterio de precisión.

TABLE 9020:VII. CALCULATION OF PRECISION CRITERION

Sample No.	Duplicate Analyses D_1	D_2	Decimal Logarithms of Counts L_1	L_2	Range of Logarithms (R_{log}) ($L_1 - L_2$)
1	89	71	1.9494	1.8513	0.0981
2	38	34	1.5798	1.5315	0.0483
3	58	67	1.7634	1.8261	0.0627
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
14	7	6	0.8451	0.7782	0.0669
15	110	121	2.0414	2.0828	0.0414

Calculations:

$$\Sigma \text{ of } R_{log} = 0.0981 + 0.0483 + 0.0627 + \ldots + 0.0669 + 0.0414 = 0.718\ 89$$

$$\bar{R} = \Sigma\frac{R_{log}}{n} = \frac{0.71889}{15} = 0.0479$$

Precision criterion $= 3.27\ \bar{R} = 3.27\ (0.0479) = 0.1566$.

8.1.7.16 Aseguramiento de Calidad Cartas Control.

Control de variabilidad:

- Se realizó cada 20 muestras y cuando hubo cambio de analista nuevo, procedimiento de verificación de conteo de colonias (repetibilidad).
- Se tomó una muestra al azar de la marcha analítica y se analizó por duplicado por dos analistas diferentes (uno de ellos previamente entrenado para este análisis).
- Se verificó que los conteos realizados por un mismo analista no varíen más de un 5% y la variación entre analistas diferentes no debe ser superior al 10%.
- Se tomaron medidas correctivas si el control de variabilidad no se cumple. Se compararon los resultados con un tercer analista o montar nuevamente una muestra.

Se registraron los resultados en el “Formato control de variabilidad”.

Criterio de precisión de métodos cuantitativos:

- Se analizaron al menos 15 réplicas por cada analista implicado en el análisis de este tipo de muestra (datos de confirmación del método).
- Se registraron los duplicados como D_1 y D_2.
- Se calculó el logaritmo de cada resultado. Si alguno de los duplicados arrojó un valor <1, se sumó una unidad a cada valor antes de calcular el logaritmo, y se calculó nuevamente.
- Se calculó tanto el rango (R) como la media (R_m) para cada par de logaritmos y se registraron como se muestra en la tabla 6.
- Se halló el criterio de precisión y se construyó la carta control de microbiología, por cada matriz (Superficial, residual, potable) se debió multiplicar el (R_m) por una constante así:3.27x (R_m). El valor obtenido correspondió al límite máximo de variación que pueden tener los duplicados generados en los controles periódicos. En el caso que los resultados de un duplicado fueron mayores al valor indicado, fue necesario descartar los datos tomados, identificar la causa de la variación y solucionar el inconveniente antes de realizar más análisis.
- Se recalculó el criterio de precisión cada quince (15) datos.

Nota: en caso de tener un conjunto de resultados duplicados con valor de 1, se sumó 1 a los dos valores anteriormente a calcular los logaritmos.

- Se calculó el criterio de precisión para cada tipo de matriz de agua y se subdividió en (agua superficial, agua residual doméstica) por separado, por analista, construyendo su respectiva carta control “Criterio de precisión”.

- Se dio un concepto de cumplimiento a las muestras, si estas se encontraban dentro del criterio de precisión, el cual lo calculó automáticamente la carta control.

- Si algún dato analítico salió del criterio de precisión se debió montar nuevamente la muestra y levantar un trabajo no conforme e informar el resultado.

- Se hizo un análisis de los datos consignados en la carta control del criterio de precisión al finalizar cada carta.

8.1.7.17 Controles Blanco, Duplicado, Control Positivo, Control Negativo.

Dentro de los controles de calidad en el laboratorio de microbiología se encuentran diferentes procedimientos útiles para asegurar la confiabilidad de los resultados. En primer lugar, el control del blanco, es una muestra sin la presencia del analito de interés, útil para detectar posibles contaminaciones. Para este control, en el laboratorio de microbiología se usa agua destilada tipo II; en esta no se debe presentar turbidez. Asimismo, el control del duplicado, es una réplica de la misma muestra, que se realiza simultáneamente bajo las mismas condiciones, con el objetivo de garantizar la precisión de los resultados. Por otro lado, el control positivo, es una muestra que contiene el microorganismo de interés, el cual se emplea para verificar que la técnica esté funcionando adecuadamente. Y por último, el control negativo, es una muestra que no contiene el microorganismo de interés, empleada para verificar la ausencia de contaminantes durante el análisis de las muestras (Chacon, et al., 2020).

Se realizó primero el control del blanco, y al finalizar el análisis de las muestras se realizaron los controles positivos y negativos para evitar contaminaciones cruzadas; de esta forma se establecieron las frecuencias que se representan en la siguiente tabla:

Tabla 14

Frecuencia de controles para las distintas técnicas de sustrato definido y siembra en superficie o profundidad.

	Frecuencia
Control	**Sustrato Definido**
Blanco de método	Por día que se procese muestra
Blanco fortificado de laboratorio	Por lote de muestras ≥20 o por cada lote analítico
Control Negativo	Por lote de muestras ≥20 o por cada lote analítico
Duplicado	Por lote de muestras ≥20 o por cada lote analítico

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

Nota: Un lote o ejecución de prueba se define como una serie ininterrumpida de análisis, generalmente 20 muestras.

Blanco de método:

- Se tomaron 100 ml de agua estéril y se adicionó a la bandeja multicelda, posteriormente se incubo a la temperatura que corresponde según la metodología. Se verificó que no presentara ningún tipo de crecimiento o turbidez.

Control Positivo del laboratorio:

- Se tomó una azada del microorganismo utilizado para el control positivo según la técnica que correspondió (Ver tabla 15).
- Se inoculó el microorganismo en un recipiente con 100 ml de agua estéril

- Se efectuó el análisis microbiológico en las mismas condiciones de la marcha analítica.
- Se registró en el formato correspondiente las características observadas.

Control negativo:

- Se tomó una azada del microorganismo utilizado para el control negativo según la técnica que correspondió
- Se inoculó el microorganismo en 100 ml de agua estéril.
- Se efectuó el análisis microbiológico en las mismas condiciones de la marcha analítica.
- Se registró en el formato de datos primarios correspondiente a la técnica.

Duplicado:

- Se evaluó la precisión (repetibilidad) por el mismo analista, bajo las mismas condiciones, cada 20 muestras ininterrumpidas o semanalmente tanta siembra por superficie o profundidad y NMP.
- Se realizó el análisis microbiológico en las mismas condiciones de la marcha analítica.
- Se registró en el formato de datos primarios correspondiente a la técnica.

Control Positivo del laboratorio y duplicado:

- Se inoculó una muestra al azar con las cepas recomendadas para cada una de las técnicas y/o procedimientos analíticos (ver tabla 15).
- Se realizaron diluciones de los microorganismos para cada método en concentraciones alta, media o baja, donde estas diluciones se determinaron según el límite de detección y la precisión de la técnica de colilert.
- Se calculó el porcentaje de recuperación y se registraron los datos obtenidos en el formato de datos primarios de cada método de análisis.

- Se empleo esta fórmula para hallar el porcentaje de recuperación:

$$\text{Porcentaje de recuperación (\%)} = \frac{\text{LOG10 (Muestra Adicionada - Muestra)}}{\text{LOG10 (inóculo)}}$$

- Se verificó que el porcentaje de recuperación se encontrara entre el 70 al 130%
- Se registró en el formato de datos primarios correspondiente a la técnica.
- Se realizó mensualmente.

Tabla 15

Cepas utilizadas como control positivo y control negativo.

	CONTROL	
Microorganismo	**Positivo**	**Negativo**
Coliformes totales	*Escherichia coli (ATCC 25922), Klebsiella pneumoniae (ATCC 13883*	*Pseudomonas aeruginosa ATCC (27853)*
E. coli	*Escherichia coli (ATCC 25922)*	*Klebsiella aerogenes (ATCC 13048)*
Coliformes termotolerantes	*Klebsiella pneumoniae (ATCC 13883) Escherichia coli (ATCC 11775) Escherichia coli (ATCC 11775 O 25922)*	*Klebsiella aerogenes (ATCC 13048)*

Nota. Fuente: American Public Health Asociation, 2023.

8.1.8 Registro de formatos

Para verificar el adecuado diligenciamiento y cumplimento de los requisitos de las técnicas microbiológicas y evitar errores, se registraron todos los resultados del aseguramiento de la calidad en los formatos correspondientes. En la tabla 16 se encuentran los nombres de los formatos donde se diligencia los resultados, con sus respectivos controles y áreas.

Las celdas de cada formato se protegieron, con el fin de evitar posibles modificaciones involuntarias.

Tabla 16

Nombre de los formatos donde se registran los resultados con su respectivo control de calidad.

Formatos	
Controles	**Nombre de Formatos**
Condiciones ambientales Área de incubación Área de lectura Área de reporte	Registro de control de condiciones ambientales
Limpieza de superficies y áreas	Control de limpieza y desinfección del laboratorio de microbiología
Equipos Nevera de muestras Nevera de medios de cultivo Congelador de Ceparios Incubadora	Registro control de temperatura de equipos
Medios de cultivos	Control de preparación de medios de cultivo
Agua destilada	Control de agua destilada tipo II
Uso y control biológico de la autoclave	Uso de autoclave y control de esterilización por calor seco
Calidad del aire	Monitoreo de calidad del aire en microbiología
Balanzas	Verificación de balanza
Material de vidrio	Verificación del lavado del material de vidrio
Bandejas y sellador	Control de bandejas y sellador
Luz UV Cuarto de siembra Cabina de bioseguridad	Control de uso y eficacia de luz ultravioleta
Variabilidad	Control de variabilidad
Criterio de precisión de métodos cuantitativos	Cartas control criterio de precisión
Blanco, duplicado, positivo, negativo	Sustrato enzimático coliformes totales y *E.coli* en agua
Calidad de superficies	Monitoreo calidad de superficies en microbiología

Nota. Fuente: creación propia

8.2 Análisis Microbiológicos en Muestras de Agua

El laboratorio realiza la siguiente metodología para la enumeración de Coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas, empleando el método de sustrato definido. El laboratorio sigue el protocolo establecido por el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. El cumplimiento de este método estándar fue evaluado por un seguimiento realizado por el IDEAM.

A lo largo de la realización de la práctica se apoyó el proceso de análisis de coliformes totales y *E. coli* en las diferentes matrices de agua (Residual industrial, residual doméstica, subterránea, superficial, marina, residual no domestica) (ver Anexo J).

8.2.1 Preparación de la muestra

- Se extrajeron las muestras de las diferentes matrices de agua (domestica, residual, industrial, subterránea, superficial y no domestica), de la nevera y se dejaron a temperatura ambiente por una hora.
- Se homogenizo la muestra manualmente durante aproximadamente 30 segundos

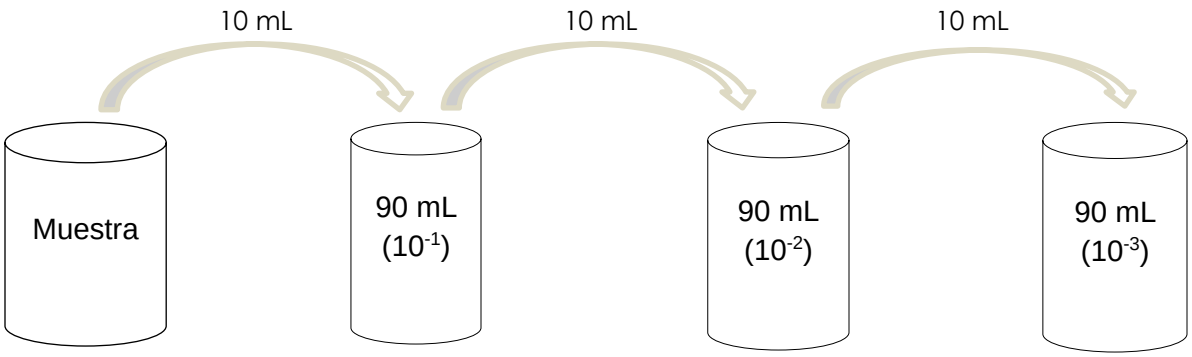
8.2.1.1 Siembra.

- Se realizaron las diluciones que se requerían según el tipo de matriz. Algunas muestras residuales y/o superficiales requieren dilución previa dependiendo de su origen (Ver ilustración 1).
- Se rompió la ampolla que contenía el reactivo colilert y se vertió en la muestra de 100 mL de (o a 100 mL de una dilución previamente preparada).
- Se tapo el recipiente y agito hasta que el reactivo colilert se disolviera completamente.
- Se marco el recipiente con el número de muestra y dilución correspondiente.
- Con ayuda de la mano, se abrió la bolsa Quanti-Tray tirando la pestaña de aluminio del lado de los pocillos.

- Se vertió directamente la mezcla muestra-reactivo en la bolsa Quanti-Tray (evitando el contacto con el inferior de la Quanti-Tray). Se agito suavemente para remover las burbujas de aire que pudieran haber quedado atrapadas en la muestra.

Ilustración 1

Ilustración de diluciones para muestras de agua.



Nota. Ilustración de las diluciones para las muestras de agua. Tomada de "Creación propia" [Ilustración de diluciones seriadas]

Nota: Las diluciones se realizan según la cantidad de sedimentos, turbidez y coloración de la misma. Por ejemplo, el agua subterránea por lo general es incolora, sin turbidez y presenta pocos sedimentos, por lo que se hace hasta la dilución 10^{-1}. Por otro lado, las muestras de agua residual doméstica en su mayoría presentan grandes cantidades de sedimentos, con turbidez y una coloración café, por lo que se realiza diluciones hasta 10^{-5}.

8.2.1.2 Sellado

Se encendió el sellador. Una vez que el equipo de sellado indico que estaba caliente (Luz verde), se colocaron las bandejas Quanti-Tray con la muestra sobre el molde de goma del dispositivo de sellado para Quanti-Tray, de manera que el lado de los pocillos quede hacia abajo y se ajuste en el molde. Se Procedió al sellado de acuerdo con las instrucciones del dispositivo de sellado para Quanti-Tray.

8.2.1.3 Incubación

Se incubaron las bandejas Quanti-Tray con las muestras a 35 ± 0,5ºC durante 24 h.

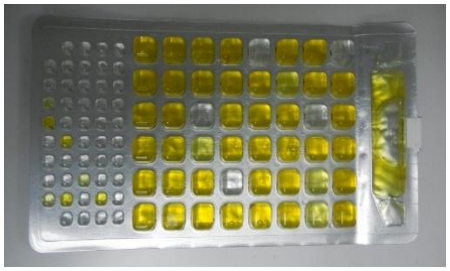
8.2.1.4 Lectura

8.2.1.4.1 Coliformes Totales.

- Se contaron como positivos los pozos amarillos grandes y pequeños de color amarillo, esto si el color del pozo es tan amarillo o más oscuro que el comparador, esta coloración amarilla se debe por la identificación de la enzima. ß-D-galactosidasa, que es producida por bacterias coliformes totales. La enzima ß-D-galactosidasa hidroliza el sustrato cromogénico produciendo este color característico (Arboleda et al., 2016). Si no se produce este color amarillo o es menos amarillo que el comparador, entonces se reporta como negativo para coliformes totales, sin embargo, si después de las 24 horas de incubación la respuesta cromogénica es ambigua, se deben marcar los pozos sospechosos con un signo de interrogación (?), e incubar la muestra nuevamente durante 4 horas más, con el fin de permitir que el color del pozo se intensifique. Si el color se vuelve tan amarillo o más oscuro que el del comparador dentro de este periodo, entonces el pozo es positivo para coliformes totales. Ver figura No. 6
- Coliformes totales: Utilizar el comparador de color y fluorescencia colocándolo al lado de la bolsa quanti tray que desea leer.

Figura 6

Pozos amarillos positivos para coliformes totales.



Nota. Resultados del análisis de muestras de agua por el método Colilert. Tomada de "Creación propia" [Foto de resultados]

8.2.1.4.2 E. coli

- Se introdujo el dispositivo quanti-tray dentro de la cabina para luz UV 365 nm, encendiendo la luz y contando los pozos grandes y pequeños fluorescentes que fueron previamente contados como positivos para coliformes totales, se utilizó el comparador de color y fluorescencia colocándolo bajo la luz UV al lado de la bolsa quanti-tray que se deseaba leer. No se deben contar los pozos positivos fluorescentes que han sido negativos para coliformes totales. Si después de 24 horas de incubación la respuesta fluorogénica es ambigua, se deben marcar los pozos sospechosos con un signo de interrogación (?), e incubar la muestra nuevamente durante 4 horas más, con el fin de permitir que la fluorescencia del pozo se intensifique. Si la fluorescencia coincide con el comparador dentro de este periodo, entonces el pozo es positivo para *E. coli*. Ver figura No.7.

Figura 7

Pozos fluorescentes positivos para E.coli.



Nota. Resultados de fluorescencia de *E.coli* en muestras de agua . Tomada de "Creación propia" [Foto de resultados]

Luego de realizar el recuento de pozos positivos para coliformes totales y *E. coli* se determinó el valor de NMP/10 mL para cada analito de la siguiente manera:

a) Se consulto la Tabla de NMP/100 mL (suministrada por el fabricante) o el software IDEXX NMP GENERATOR 1.4.4, se ingresó el número de pozos grandes positivos y el número de pozos pequeños positivos, así se obtuvo el valor de NMP /100 mL.

Si se realizaron diluciones para las muestras de agua, el valor que se obtuvo se debe multiplicar por el factor de dilución sin realizar aproximaciones, así:

$10^{-1} = 100/10 = 10$

$10^{-2} = 1000/10 = 100$

$10^{-3} = 10000/10 = 1000$

$10^{-4} = 100000/10 = 10000$

$10^{-5} = 1000000/10 = 100000$

$10^{-6} = 10000000/10 = 1000000$

Nota: El laboratorio de microbiología, solo reporta los resultados microbiológicos sin involucrarse en las normativas que rigen a los clientes.

Metodología tomada de Standard Methods (Lipps et al., 2023).

9. Resultados y Análisis

9.1 Aseguramiento de Calidad en el Laboratorio

9.1.1 Control de ambientes y superficies

En la tabla 17 se evidencia el promedio de los datos registrados en los anexos (A, B,C), sobre el registro de temperatura y porcentaje de humedad relativa, que se ejecutó con el fin de contar con la evidencia documental de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología, indicando que se cumplió con los parámetros de temperatura y porcentaje de humedad, conforme a las especificaciones y requerimientos establecidos para el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Los valores registrados para el área de pesaje de medios mostraron temperaturas mínimas de 17.1 °C y máximas de 22.2 °C, mientras que la humedad relativa fluctuó entre el 42% y el 60%. Para el área de almacenamiento de reactivos, la temperatura mínima estuvo en 17.5 °C y la máxima en 21.1 °C, con una humedad relativa en el mismo rango de 42% a 60%.

En el área de incubación, la temperatura se mantuvo con un mínimo de 17.0 °C y máximo de 20.2 °C, con humedad relativa de 33% y 47% respectivamente. Para el área de lectura, la temperatura mínima estuvo en 16.7 °C y la máxima en 19.5 °C, con humedad de 32% a 50%. Finalmente, en el área de siembra, la temperatura mínima estuvo en 16.8 °C y la máxima 19.6 °C, mientras que la humedad relativa se mantuvo entre el 34% y el 40%. En la tabla 18 se encuentran los valores máximos y mínimos de temperatura y porcentaje de humedad relativa que establece el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 17

Registro del control de las condiciones ambientales en las diferentes áreas del laboratorio.

PROMEDIO DE REGISTRO CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES							
			Pesaje de medios	**Almacenamiento de reactivos**	**Incubación**	**Lectura**	**Siembra**
Octubre	Mañana	Temperatura (°C)	17,1	17,8	17,0	17,1	17,0
		Humedad relativa (%)	46	49	34	32	34
	Medio día	Temperatura (°C)	21,6	20,8	20,2	19,5	19,5
		Humedad relativa (%)	59	59	47	50	46
	Tarde	Temperatura (°C)	18,1	18,7	18,3	18,3	18,5
		Humedad relativa (%)	42	48	34	36	33
Agosto	Mañana	Temperatura (°C)	17,2	17,5	17,2	17,0	18,2
		Humedad relativa (%)	60	42	33	32	35
	Medio día	Temperatura (°C)	21,9	21,0	19,9	19,2	19,6
		Humedad relativa (%)	47	60	47	48	47
	Tarde	Temperatura (°C)	21,2	18,6	17,1	17,0	18,7
		Humedad relativa (%)	44	47	34	37	34
Septiembre	Mañana	Temperatura (°C)	17,3	17,7	17,0	17,0	16,8
		Humedad relativa (%)	60	45	33	45	37
	Medio día	Temperatura (°C)	22,2	21,1	20,0	19,6	19,6
		Humedad relativa (%)	48	56	47	38	49
	Tarde	Temperatura (°C)	22,0	18,6	20,1	16,7	16,8
		Humedad relativa (%)	44	48	34	46	37

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

A continuación, se muestran los registros de los límites máximos y mínimos permitidos, tanto para la temperatura como para el porcentaje de humedad relativa de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 18

Registro de los límites máximos y mínimos permitidos para temperatura y porcentaje de humedad relativa.

REGISTRO LOS LIMITES MAXIMOS Y MINIMOS			
ÁREA	**TEMPERATURA (°C)**		**% HUMEDAD RELATIVA**
	LIMITE MÍNIMO	LIMITE MÁXIMO	LIMITE MÁXIMO
PESAJE DE MEDIOS	10 °C	30 °C	<70%
ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS	15 °C	25 °C	<70%
INCUBACIÓN	16 °C	27 °C	<80%
LECTURA	16 °C	27 °C	<80%
SIEMBRA	16 °C	27 °C	<80%

Nota. Fuente: Laboratorio de Microbiología de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Se debe contar con una política de control ambiental para asegurar que las condiciones ambientales no invalidaran los resultados, afectaran la calidad de las mediciones o perjudicaran al personal. Los componentes que se toman en cuenta y el monitoreo que se ejecuta es:

Ventilación: Se deben diseñar y construir laboratorios con una adecuada ventilación para mantenerlos libres de polvo, corrientes de aire y cambios extremos de temperatura. Los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y control de humedad deben ser instalados de forma adecuada, esto disminuye el riesgo de contaminación, permitiendo un funcionamiento más estable de las incubadoras y reduciendo los problemas de humedad con los medios y la instrumentación (Ochoa, 2022).

El parámetro de humedad que se monitorea en el ambiente, es el referido a la humedad relativa, dicho de otra manera, la correlación entre la calidad de vapor de agua comprendida en el aire y la cantidad de vapor contiene el aire saturado a la misma temperatura (Jiménez, 2020).

La presencia de la humedad en el ambiente está asociada con la temperatura externa, debido a ello, los instrumentos de medición no sólo monitorean la humedad, sino también la temperatura. Hay diversos factores que favorecen la persistencia de los microorganismos en el aire. El desarrollo de microorganismos en el aire está relacionado por factores físicos como la temperatura, oxigeno, humedad relativa, materia orgánica; sin embargo, lo que establece que los microorganismos persistan en el ambiente viables es la cantidad de agua disponible (Mateus, 2018).

La temperatura está asociada con la humedad relativa, por lo que es complicado separar los efectos que producen las dos. Los laboratorios solían emplear termómetros de mercurio, pero varios países han dejado de usarlos debido a preocupaciones ambientales sobre la neurotoxicidad del mercurio. Es relevante revisar las normativas establecidas para los termómetros. Actualmente, existen termómetros con fluidos orgánicos, como etanol, que ofrecen un rango de temperatura según el punto de ebullición del líquido en su interior. Aunque estos termómetros suelen ser menos precisos que los de mercurio, son una elección adecuada en situaciones donde se puede tolerar una precisión menor. En este trabajo se empleó un equipo termohigrómetro (Lipps et al., 2023).

En esta investigación, se realizó la medición de temperatura y humedad relativa tres veces al día (mañana, mediodía y tarde) durante un período de tres meses (agosto, septiembre y octubre) con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los resultados.

A continuación, se muestran los registros del monitoreo de calidad de las superficies de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental, de los tres meses de estudio (agosto, septiembre y octubre).

En la tabla 19, se presentan los datos recopilados durante el monitoreo de la calidad de superficies en el laboratorio de microbiología a lo largo de los tres meses de estudio. Los resultados incluyen tanto las áreas críticas (Incubadoras, cabina de bioseguridad, mesón de siembra) como las no críticas (mesón de preparación, mesón de esterilización, mesón de incubación, mesón de lectura). Asimismo, se realizó una comparación de los resultados obtenidos con los límites de aceptación establecidos en el laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental, los cuales de detallan a continuación:

- Áreas no críticas: Mesón de preparación, esterilización, incubación, lectura y almacenamiento de reactivos, con un límite de 15 UFC/cm².

- Áreas críticas: Incubadoras, cabina de bioseguridad y mesón de siembra, con un límite de 5 UFC/cm² (Lipps et al., 2023).

Tabla 19

Promedio de monitoreo en la calidad de las superficies.

MONITOREO CALIDAD DE SUPERFICIES			
Recuento de Mesófilos Aerobios Mensual			
	Agosto UFC/cm^2	Septiembre UFC/cm^2	Octubre UFC/cm^2
Incubadora 0339	2	1	2
Incubadora 0221	2	1	2
Cabina de bioseguridad	2	1	1
Mesón de siembra	2	2	2
Mesón de preparación	7	5	9
Mesón de esterilización	8	8	8
Mesón de incubación	10	6	8
Mesón de lectura	6	6	8
Almacenamiento de reactivos	10	7	8

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

La limpieza y la desinfección son procesos de gran relevancia, ya que facilitan el control de la presencia de microorganismos en las superficies. La desinfección es un procedimiento que involucra la eliminación de microorganismos perjudiciales, por medio del uso de sustancias químicas o agentes físicos aplicados en las superficies inertes. La limpieza es paso anterior a la desinfección, debido a que, con este procedimiento, además de destruir las sustancias que sirven como fuente de alimentación para los microorganismos, se destruyen sustancias que impiden que las soluciones desinfectantes actúen correctamente. Por lo anterior se evalúa la eficacia de la desinfección y limpieza de las diferentes áreas con el control de la calidad de superficies (Sistema Integrado de Gestion, 2020).

En este trabajo, todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites de aceptación, encontrando las áreas críticas por debajo de 5 UFC cm² y las zonas no críticas por debajo

de 15UFC/cm². Lo anterior indica que las superficies monitoreadas mantienen los niveles microbiológicos controlados y cumplen con las normas de calidad del laboratorio.

9.1.2 Limpieza de Superficies y Áreas.

En la tabla 20, se presenta el control de calidad de la limpieza y desinfección de todas las superficies y áreas del laboratorio de microbiología, tal como se especifica en dicha tabla. Estos controles de limpieza y desinfección deben garantizar que las áreas del laboratorio estén adecuadamente limpias.

En el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental, los controles de limpieza desempeñan un papel fundamental en la fiabilidad y calidad de los resultados (Chirinos et al., 2018), ya que aseguran la antisepsia en el momento de realizar análisis microbiológicos, evitando y controlando la existencia de microorganismos contaminantes. Lo anterior se corrobora con los resultados de los controles de superficies, donde estos no superan el límite permisible de aerobios mesófilos. De acuerdo, a los resultados reportados en el laboratorio de microbiología, se confirma que los detergentes: hipoclorito de sodio 1% y amonio cuaternario 5A son extraordinarios desinfectantes para la inhibición y el control de aerobios mesófilos (Berroa & Medina, 2023).

Tabla 20

Control de calidad de la limpieza y desinfección de las superficies y áreas del laboratorio.

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Sección/Elemento		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
		5 al 9 de agosto					12 al 16 de agosto					19 al 23 de agosto					26 al 30 de agosto				
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Desinfectante		Amoniocuaternario 5A					Hipoclorito de sodio 1%					Amoniocuaternario 5A					Hipoclorito de sodio 1%				
Pisos	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mesones	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Canecas	S	☐	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☑	☐
Pared	Q	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sillas	Q	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Estante de Material	Q	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cajones y Gabinetes	Q	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Estantes de Reactivos	Q	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ventanas	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Puerta	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lámparas de luz blanca	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Techos	T	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Equipos																					
Micropipetas	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Vortex	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Plancha de calentamiento	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Balanza	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Autoclave	D	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Cabina de bioseguridad	S	☐	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐
Neveras - Congelador	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lámpara UV	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sellador Q-Tray	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Incubadora	M	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

D: Diaria S: Semanal O: Ouincenal M: Mensual T: Trimestral

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

9.1.3 Controles de Calidad

En la tabla 21, se evidencia el promedio de los datos registrados en los anexos (G, H, I), sobre el registro del monitoreo de la calidad del aire en las diferentes áreas del laboratorio de microbiología. Es primordial llevar a cabo este control con el fin de asegurar la precisión y confianza de los resultados de los análisis. Las partículas en el aire como el polvo, esporas, microorganismos pueden causar una contaminación al momento de procesar las muestras. Asimismo, en un laboratorio de microbiología donde se cuenta con personal que manipula microorganismos patógenos, la calidad del aire es fundamental para impedir la exposición de agentes nocivos al personal. Un ambiente controlado permite la obtención de resultados confiables y repetibles (Lipps et al., 2023).

Tabla 21

Registro del monitoreo de la calidad del aire mensual en las diferentes áreas de microbiología.

PROMEDIO MONITOREO CALIDAD DEL AIRE			
Recuento de Mesófilos Aerobios Mensual			
	Agosto UFC/15min	Septiembre UFC/15min	Octubre UFC/15min
Incubadora 0390	1	1	3
Incubadora	1	3	4
Mesón de Preparación	5	5	10
Mesón de Esterilización	7	9	5
Mesón de Incubación	11	12	9
Mesón de Lectura	8	8	8
Almacenamiento de reactivo	10	10	10

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En este estudio se realizó el control de calidad del aire durante un periodo de 3 meses (agosto, septiembre y octubre). En el área de la incubadora 0390, se registró una concentración mínima de 1 UFC/15 min y una máxima de 3 UFC/15 min. En la zona de la incubadora 221, la concentración mínima fue de 1 UFC/15 min y la máxima de 4 UFC/15 min. Para el área del mesón de preparación, se observó una concentración mínima de 5 UFC/15 min y una máxima de 10 UFC/15 min. En el

mesón de esterilización, las concentraciones fluctuaron entre una mínima de 5 UFC/15 min y una máxima de 9 UFC/15 min. En la zona del mesón de incubación, la concentración mínima fue de 9 UFC/15 min y la máxima de 12 UFC/15 min. En el mesón de lectura, se registró tanto la concentración mínima como la máxima en 8 UFC/15 min. Finalmente, en el área de almacenamiento de reactivos se obtuvo una concentración constante de 10 UFC/15 min para los valores mínimo y máximo. Las poblaciones bacterianas en el aire no deben superar 15 UFC/15 minutos de exposición.

La tabla 22, presenta el promedio de los datos registrados sobre el monitoreo diario de la calidad del aire en las áreas críticas del laboratorio de microbiología, es decir, aquellas con mayor riesgo de contaminar las muestras y generar resultados falsos. En el mesón de siembra, se registró una concentración mínima de 1 UFC/15 min y una máxima de 2 UFC/15 min durante los tres meses de estudio. De igual manera, en la zona de la cabina se reportó una concentración mínima de 1 UFC/15 min y una máxima de 2 UFC/15 min. Estos resultados cumplen con el criterio de calidad del aire establecido para zonas críticas, que indica que la concentración no debe exceder las 5 UFC/15 min (Lipps et al., 2023).

Tabla 22

Registro del monitoreo de la calidad del aire diaria.

PROMEDIO MONITOREO CALIDAD DEL AIRE			
Recuento de Mesófilos Aerobios Diaria			
	Agosto UFC/15min	Septiembre UFC/15min	Octubre UFC/15min
Mesón de siembra	1	2	2
Cabina	1	1	2

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la Tabla 23, se evidencia el registro del control de las bandejas y sellados de Quanti-Tray, indicando que se cumplieron los parámetros de esterilidad y sellado de fugas conforme a las especificaciones y requerimientos del laboratorio. Durante el período de tres meses (agosto, septiembre y octubre), se evidenció que las bandejas Quanti-Tray mantuvieron su esterilidad. Este control es esencial, ya que una contaminación en las bandejas podría generar falsos positivos o resultados inexactos, mostrando el crecimiento de microorganismos que no están presentes en la muestra analizada. Mantener el control de esterilidad garantiza que cualquier crecimiento microbiano provenga exclusivamente de la muestra y no de contaminantes externos (Ramis, 2017). En cuanto al control de sellado de las bandejas, durante los tres meses de estudio no se observaron fugas. Este control es fundamental para evitar pérdidas de volumen de muestra que podrían afectar la cuantificación de microorganismos, provocando inconsistencias en los resultados.

Tabla 23

Registro del control de bandejas y sellador.

CONTROL DE BANDEJAS Y SELLADOR					
Mes	**Medio de cultivo/lote**	**ESTERILIDAD**		**PRUEBA FUGAS SELLADOR**	
		Cumple	**No cumple**	**Cumple**	**No cumple**
Agosto	*109068/GU005J	Cumple		Cumple	
Septiembre	*109068/GU005J	Cumple		Cumple	
Octubre	*109068/GU005J	Cumple		Cumple	

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

La tabla 24, muestra el registro del control del uso y eficacia de la luz UV durante un período de tres meses (agosto, septiembre y octubre). Se detalla el tiempo total de uso en minutos y el tiempo de vida útil restante de las lámparas UV tanto en el área de siembra como en la cabina de flujo. La vida útil especificada por el fabricante para estas lámparas de luz UV es de 5000 horas. En el registro se observa que aún no se ha alcanzado este límite. Este control permite determinar cuándo la lámpara UV alcanza el final de su vida útil, por ende, cuando debería ser reemplazada para asegurar su efectividad en la eliminación de microorganismos y, así, mantener un ambiente de trabajo estéril.

Tabla 24

Registro del control de calidad del uso y eficacia de la luz UV

CONTROL DE USO Y EFICACIA LUZ ULTRAVIOLETA				
	MES	**Tiempo total de uso (hh:mm)**	**Tiempo total (minutos)**	**Total, tiempo restante de vida util (minutos)**
CABINA DE FLUJO	Agosto	11:00	660	278.424
	Septiembre	10:20	620	277.804
	Octubre	7:00	420	277.504
CUARTO DE SIEMBRA	Agosto	11:00	660	277.810
	Septiembre	10:20	620	277.190
	Octubre	7:30	450	276.890

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

La tabla 25, presenta el registro del control biológico de la lámpara UV, donde se observa que en el área de siembra y en la cabina de flujo laminar, al exponer cultivos de distintas cepas (*E. coli*, *Klebsiella aerogenes*, y *Pseudomonas aeruginosa*) durante dos minutos a la luz UV, se logró un porcentaje de inhibición de crecimiento superior al 99%. Esto indica que la lámpara UV cumple con los estándares de control biológico establecidos por el laboratorio, garantizando su efectividad en la reducción de microorganismos en estas áreas críticas (Lipps et al., 2023).

Tabla 25

Registro del control biológico de lámpara UV.

CONTROL BIOLÓGICO LÁMPARAS U.V. / TRIMESTRAL (septiembre)							
	Microorganismo	**Recuento de colonias inicial (200-300 UFC/mL)**	**Tiempo de exposición**	**Recuento final UFC/mL**	**Reducción**	**% de inhibición de crecimiento**	**Cumplimiento**
CABINA DE FLUJO	*E.coli*	210	2 min	1	0,5	99,5	CUMPLE
	Klebsiella aerogenes,	270	2 min	1	0,4	99,6	CUMPLE
	Pseudomonas aeruginosa	305	2 min	1	0,3	99,7	CUMPLE
CUARTO DE SIEMBRA	*E.coli*	200	2 min	1	0,5	99,5	CUMPLE
	Klebsiella aerogenes,	260	2 min	2	0,8	99,2	CUMPLE
	Pseudomonas aeruginosa	305	2 min	0	0	100	CUMPLE

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica del artículo “Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable”, escrito por Rossel et. al, 2020, se ejecutaron cálculos concretos para establecer la dosis apropiada de radiación UV y su efectividad en la desinfección de bacterias coliformes en la matriz de agua. Para esto, se empleó una dosis concreta de radiación UV 0.00176 W/cm²/s con una longitud de onda de 254 nm. El estudio determino el efecto de varios tiempos de exposición (1, 2, 3 y 4 segundos) en las matrices de agua sin tratar. Los resultados reportaron que, en un tiempo de 4 segundos de exposición, se alcanzó una inactivación total de coliformes totales y coliformes termotolerantes, desempeñando así los estándares de calidad bacteriológica para el agua potable (UV).

La eficacia de la radiación UV para la desinfección se da por su capacidad para penetrar las paredes celulares de los microorganismos, produciendo un daño en su ADN, concretamente mediante la dimerización de bases como la timina, lo que imposibilita la reproducción de las bacterias o causa su muerte. Estos resultados indican que la UV-C es una alternativa eficiente y

rápida en comparación con los métodos tradicionales, como lo es la cloración, que muestran desventajas con la producción de subproductos tóxicos (Rossel, 2020).

9.1.4 Equipos

En la tabla 26, se evidencia el promedio de los datos registrados en los anexos (D,E,F), sobre el registro del control de temperaturas de los diferentes equipos isotérmicos que se encontraban en el área de microbiología, con el fin de dar cumplimiento a los parámetros de temperatura que deben desempeñar estos equipos.

La incubadora 221 mantuvo los parámetros establecidos de temperatura, con un mínimo de 34.7 °C y un máximo de 35.1 °C, cumpliendo con la especificación de 35 °C ± 0.5 °C. Por su parte, la incubadora 390 presentó una temperatura mínima de 44.4 °C y una máxima de 44.6 °C, ajustándose a la especificación de 44.5 °C ± 0.2 °C. Es importante que señalar que las incubadoras se deben encontrar en un área con una temperatura ambiente entre 16 y 27 ºC (60 y 80 ºF), en una habitación separada y bien ventilada, con aire forzado que permita conservar una distribución uniforme de la temperatura de prueba en su interior.

En cuanto a la nevera de medios, se recomienda un perfil inicial de temperatura para identificar puntos fríos o calientes dentro del equipo. Es necesario mantener la temperatura entre 2 y 8 °C y realizar el monitoreo mediante termómetros de bulbo sumergidos en agua o glicerol. Se sugiere el uso de refrigeradores sin ciclo de descongelación, ya que aquellos con función de descongelación automática tienden a causar una deshidratación más rápida de medios y reactivos almacenados debido al calor empleado para evitar la acumulación de hielo. Durante este estudio, la nevera de medios mantuvo temperaturas de 3.1 °C como mínimo y 4.0 °C como máximo, cumpliendo con la especificación de 2 a 8 °C.

En el congelador del cepario, la temperatura mínima registrada fue de -18.4 °C y la máxima de -19.7 °C, ajustándose a la especificación de -20 °C. Finalmente, en la nevera de muestras, se registraron temperaturas de 3.5 °C como mínima y 4.3 °C como máxima, cumpliendo con la especificación de 2 a 8 °C.

Tabla 26

Registro de temperatura de los equipos isotérmicos en el área de microbiología.

PROMEDIO DEL REGISTRO CONTROL DE TEMPERATURA DE EQUIPOS

	AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
Incubadora 221	34,9	34,9	34,9	34,9	35,0	35,0	34,7	35,1	34,9
Incubadora 390	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,4	44,5	44,6
Nevera de medios	4,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,6	3,2
Congelador del cepario	-18,4	-18,8	-18,6	-18,4	-18,8	-18,7	-19,6	-18,9	-19,7
Nevera de muestras	4,3	3,5	3,6	4,3	3,5	3,6	3,5	3,9	3,6

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 27, se encuentran los registros de corrección de los equipos isotérmicos que hay en las diferentes áreas del laboratorio de microbiología, recordando que estas correcciones las brinda el proveedor cuando realiza las calibraciones de los equipos.

Tabla 27

Registro de la corrección de los equipos isotérmicos en las diferentes áreas de microbiología

REGISTRO CONTROL DE TEMPERATURA DE EQUIPOS	
EQUIPO	CORECCIÓN DEL EQUIPO °C
Incubadora 221	-0,9
Incubadora 390	0,02
Nevera de medios	-0,108
Congelador del cepario	0,679
Nevera de muestras	0,292

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

La relevancia de las temperaturas de los equipos isotérmicos en el laboratorio de microbiología reside en conservar un ambiente apropiado para la proliferación de los microorganismos, Asimismo la identificación de los medios isotérmicos fue primordial en aquellos procesos donde la temperatura es fundamental, como las neveras donde se conservan las muestras, incubadoras, y la nevera de cepario (Gómez et al., 2024).

En esta investigación se realizó la medición y registro de la temperatura en los distintos equipos isotérmicos del laboratorio de microbiología a lo largo de tres meses (agosto, septiembre y octubre).

En la tabla 28, se evidencia el registro de la verificación de balanzas. Estas se deben ubicar en zonas sin movimiento rápido de aire y nivelarlas sobre superficies firmes y niveladas para impedir vibraciones. Cada día que se usa la balanza, se debe realizar una verificación empleando masas de referencia de aproximadamente la misma masa nominal que se establecerá. Como se observa en la tabla 28 las dos balanzas (mesón de suelo y preparación de medios) cumplieron durante el lapso de los 3 meses con la verificación, presentando el valor nominal de la pesa 100.000 mg y un índice de variación de 0,000 mg respectivamente.

Tabla 28

Registro de la verificación de balanzas

VERIFICACIÓN DE LA BALANZA							
Mes	**BALANZA**	**Valor nominal mg**	**Valor nominal (Promedio) mg**	**Valor obtenido mg**	**Valor obtenido (Promedio) mg**	**Índice de variación (valor nominal – valor Obtenido) mg**	**Cumple / No cumple**
Agosto / Septiembre / Octubre	**MESÓN SUELO**	100.000 100.000 100.000	100.000	100.000 100.000 100.000	100.000	0,000	CUMPLE
	PREPARACION DE MEDIOS	100.000 100.000 100.000	100.000	100.000 100.000 100.000	100.000	0,000	CUMPLE

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

El control de calidad de las balanzas analíticas es fundamental en un laboratorio de microbiología para asegurar la exactitud y precisión de las mediciones. Las balanzas son empleadas para medir las cantidades precisas de muestras, reactivos y medios de cultivo. Errores en estas mediciones pueden afectar la calidad del análisis (Lipps et al., 2023).

9.1.5 Medios y Reactivos

A continuación, se mostrará el control de la preparación de los medios de cultivo y el control de agua destilada tipo II.

En la tabla 29, se evidencia el registro del control de la preparación de medios de cultivo. En esta investigación se realizó el registro de los medios de cultivo y el agua destilada necesaria para su preparación en un tiempo de tres meses (agosto, septiembre y octubre). Se evidencia que se cumplió con las especificaciones dadas por el fabricante y los controles de calidad para asegurar el resultado fueron satisfactorios, tanto el control biológico como el control de esterilidad aplicados a los medios de cultivos (Lipps et al., 2023).

Tabla 29

Registro del control de la preparación de medios de cultivo, realizados en los meses agosto, septiembre y octubre.

CONTROL PREPARACIÓN MEDIOS DE CULTIVO

Mes	Nombre medio de cultivo o Caldo	Lote	Cantidad pesada	Volumen final	Esterilización		pH referido casa comercial	pH final del medio o caldo	Control biológico	Control esterilidad del medio
					Hora de inicio	Hora finalización				
Agosto / Septiembre / Octubre	Agua de peptona al 0,1%	109068	1,2g	1200 ml	12:00	12:15	7,0	7	Lote: cumple ☐ no cumple ☐	Fecha:2024-10-02 cumple ☑ no cumple ☐
	Agar plate count	146020	16,45g	700 ml	12:00	12:15	7,0	7	Lote: cumple ☑ no cumple ☐	Fecha:2024-10-02 cumple ☑ no cumple ☐
	Agua destilada	F240742-3008	-	20 L	12:00	12:15	5 a 7	7	Lote: cumple ☑ no cumple ☐	Fecha:2024-10-07 cumple ☑ no cumple ☐
	Control Biológico	A30215	-	-	7:00	7:15	-	-	Lote: A30215 cumple ☑ no cumple ☐	Fecha:2024-10-07 cumple ☑ no cumple ☐
	Agua destilada	F240742-3008	-	20 L	12:30	12:45	5 a 7	7	☐ ☐ no cumple	Fecha:2024-10-09 ☑ ☐ cumple no cumple
	Agua destilada	F240742-3008	-	20 L	12:30	12:45	5 a 7	7	☐ ☐ no cumple	Fecha:2024-10-16 ☑ ☐ cumple no cumple
	Agar plate count	146020	18 g	800 ml	12:20	12:35	7,0	7	Lote: ☐ cumple ☐ no cumple	Fecha: ☑ ☐ cumple no cumple

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 30, se encuentra el registro del control de calidad del agua destilada tipo II empleadas en el laboratorio de microbiología. El agua es el “disolvente universal” el disolvente más empleado para diversas aplicaciones, en el laboratorio analítico su grado de pureza va a poseer una gran influencia en la calidad de los resultados de los análisis.

En este trabajo se registró el control de la calidad del agua destilada en un tiempo de 3 meses (agosto, septiembre, octubre). Cada vez que se implementó el uso del agua destilada tipo II, se controló con un medidor la conductividad. Cabe mencionar que el agua destilada es conocida por su poca conductividad a causa de la eliminación de impurezas e iones durante el proceso de destilación. En condiciones adecuadas, el agua destilada debe tener una conductividad considerablemente baja (Lipps et al., 2023).

Por otro lado, en cada mes se estableció la concentración de cloro residual total y bacterias heterótrofas, estos brindan un aviso temprano de inconvenientes potenciales. El incremento en la cantidad de bacterias muestra la posible presencia de compuestos orgánicos complejos, compuestos inorgánicos o endotoxinas que son fuente de nutriente para las bacterias.

El agua destilada cumplió con la conductividad, presentando una conductividad máxima de 0,7 µsiemens/cm y la mínima de 0,6 µsiemens/cm, Siendo aceptable con un límite de <2 µsiemens/cm. Por otra parte, el cloro residual total se mantuvo en <0,1mg/L cumpliendo con el límite máximo aceptable de <0,1mg/L. Por último, el recuento de heterótrofos estuvo en un promedio de 120 UFC/ mL cumpliendo con el límite el cual es de 500 UFC/mL.

Tabla 30

Registro del Control de la calidad del agua destilada de uso en Microbiología.

CONTROL DE AGUA DE USO					
MES	**LOTE**	**CONDUCTIVIDAD** PROMEDIO	**ANÁLISIS A REALIZAR**	**Límite MÁXIMO ACEPTABLE**	**RESULTADO**
Agosto	D240742-1308	0,7 µsiemens/cm	Carbono orgánico total	<1,0 mg/L	<1,0
			Cloro residual total	<0,1 mg/L	<0,1
			Recuentos heterótrofos	<500 UFC/ml	122
Septiembre	F240742-3008	0,7 µsiemens/cm	Carbono orgánico total	<1,0 mg/L	<1,0
			Cloro residual total	<0,1 mg/L	<0,1
			Recuentos heterótrofos	<500 UFC/ml	110
Octubre	C240928-0110	0,6 µsiemens/cm	Carbono orgánico total	<1,0 mg/L	<1,0
			Cloro residual total	<0,1 mg/L	<0,1
			Recuentos heterótrofos	<500 UFC/ml	130
Conductividad: Límite máximo <2 µsiemens/cm a 25°C, Frecuencia: Diario o cada uso					

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

9.1.6 Esterilización, Lavado de Material

En la tabla 31, se evidencia el registro de la verificación del lavado de material de vidrio, con el fin de contar con la evidencia documental del lavado de material en el laboratorio de microbiología. Como se evidencia en la tabla 31, los resultados con el azul de bromotimol fueron negativos, indicando que se cumplió con el parámetro eliminación completa de residuos ácidos o básicos, conforme a las especificaciones y requerimientos establecidos para el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Es de gran importancia el adecuado lavado del material de vidrio en el laboratorio, ya que un material que no esté correctamente lavado puede contener residuos de los detergentes que se emplearon para su lavado, afectando directamente los resultados de los análisis microbiológicos. Estos residuos de detergentes contienen compuestos que inhiben el crecimiento de los microorganismos, lo que podría generar falsos negativos. Por esta razón, se emplea el uso de azul

de bromotimol para asegurar que el material no quede con residuos de detergente (ácidos, básicos) (Pérez, 2018).

Tabla 31

Registro de la verificación del lavado de material de vidrio.

VERIFICACIÓN DE LAVADO MATERIAL DE VIDRIO			
Mes	**Material verificado**	**RESULTADO**	
		Azul de bromotimol al 0,04%	
		POSITIVO (Azul/ Amarillo)	**NEGATIVO (Verde)**
Agosto / Septiembre / Octubre	Frascos Schott		NEGATIVO
	Frascos Schott		NEGATIVO
	Frascos Schott		NEGATIVO
	Frascos Schott		NEGATIVO
	puntas de 10 ml		NEGATIVO
	Frascos Schott		NEGATIVO
	Frascos Schott 500 mL		NEGATIVO
	Probetas de 100 mL		NEGATIVO
	Puntas de 10 mL		NEGATIVO
	Tubos boca ancha 16 x 150 mm		NEGATIVO
	Frascos Schott 100 mL		NEGATIVO
	Frascos Schott 250 mL		NEGATIVO

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 32, se presentan los registros del control de calidad de la autoclave en un lapso de 3 meses (agosto, septiembre, octubre). Donde se evidencia que se cumplió con el control de esterilidad, control biológico trimestral y con la verificación del ciclo de esterilización trimestral.

Como se observa en la tabla 32, para demostrar la eficacia de la esterilización en el transcurso del tiempo y la temperatura de la autoclave, se empleó un indicador biológico (*Geobacillus stearothermophilus*). Este es un bioindicador de control biológico de autoclaves. Son viales que contienen caldo nutritivo, indicador de pH, azúcar y esporas de *Geobacillus stearothermophilus*. Este indicador biológico presenta una resistencia térmica, donde las esporas

se destruyen totalmente después de 15 minutos, cuando se calienta en vapor comprimido a una temperatura de 121° ± 0,5 °C (245 kPa). A temperaturas menores con tiempos reducidos las esporas sobreviven. Este método proporciona una evaluación confiable de la autoclave para garantizar la capacidad del ciclo de esterilización en eliminar los microorganismos (Lipps et al., 2023)

Tabla 32

Registro del control de esterilización.

USO DE AUTOCLAVE Y CONTROL DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO

Mes	Material esterilizado	Condiciones de esterilización				Control esterilidad			CONTROL MENSUAL				CONTROL TRIMESTRAL		
									Control Biológico				Verificación ciclo esterilización (min)*		
		Cantidad	Temperatura (°C)	Presión (Lb)	Tiempo ciclo esterilización (min)	Medio utilizado	Cantidad	Resultado	Fecha incubación	Fecha de lectura	Lote	Crecimiento	Acondicionamiento	Esterilización	Despresurización
Agosto	Control Biologico	1	121°C	15 Lb	15 min				3/08/2024	5/08/2024	A30215	Negativo			
	Agua de peptona al 0,1%	1500 ml	121°C	15 Lb	15 min										
	Agar plate count	700 ml	121°C	15 Lb	15 min										
	Agua destilada	15 L	121°C	15 Lb	15 min										
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Frascos schott	250	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	12	conforme							
	Agua destilada	20 L	121°C	15 Lb	15 min										
	Frascos schott	350	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	17	conforme							
	Puntas de 10 m L	1300	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	65	conforme							
	Frascos schott	500	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	25	conforme							
	Agua destilada	12 L	121°C	15 Lb	15 min										

Continuidad de Tabla 32

USO DE AUTOCLAVE Y CONTROL DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO

Mes	Material esterilizado	Condiciones de esterilización				Control esterilidad			CONTROL MENSUAL				CONTROL TRIMESTRAL		
									Control Biológico				Verificación ciclo esterilización (min)*		
		Cantidad	Temperatura (°C)	Presión (Lb)	Tiempo ciclo esterilización (min)	Medio utilizado	Cantidad	Resultado	Fecha incubación	Fecha de lectura	Lote	Crecimiento	Acondicionamiento	Esterilización	Despresurización
Septiembre	**Agua de peptona al 0,1%**	**1200ml**	**121°C**	**15 Lb**	**15 min**				**2/09/2024**	**4/09/2024**	**A30215**	**Negativo**	**21 min**	**15 min**	**20 min**
	Agar plate count	600 ml	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Agua destilada	15 L	121°C	16 Lb	16 min										
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Control Biologico	1	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Frascos schott	250	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	12	conforme							
	Agua destilada	20 L	121°C	15 Lb	15 min										
	Frascos schott	350	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	17	conforme							
	Puntas de 10 m L	1300	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	65	conforme							
	Frascos schott	500	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	25	conforme							
	Agua destilada	12 L	121°C	15 Lb	15 min										

Continuidad de Tabla 32

USO DE AUTOCLAVE Y CONTROL DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO

Mes	Material esterilizado	Condiciones de esterilización				Control esterilidad			CONTROL MENSUAL				CONTROL TRIMESTRAL		
									Control Biológico				Verificación ciclo esterilización (min)*		
		Cantidad	Temperatura (°C)	Presión (Lb)	Tiempo ciclo esterilización (min)	Medio utilizado	Cantidad	Resultado	Fecha incubación	Fecha de lectura	Lote	Crecimiento	Acondicionamiento	Esterilización	Despresurización
Octubre	Agua de peptona al 0,1%	1200ml	121°C	15 Lb	15 min				2/09/2024	4/09/2024	A30215	Negativo			
	Agar plate count	600 ml	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Agua destilada	15 L	121°C	16 Lb	16 min										
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Control Biologico	1	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Frascos schott	250	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	12	conforme							
	Agua destilada	20 L	121°C	15 Lb	15 min										
	Frascos schott	350	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	17	conforme							
	Puntas de 10 m L	1300	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	65	conforme							
	Frascos schott	500	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	25	conforme							
	Agua destilada	12 L	121°C	15 Lb	15 min										
	Agua de peptona al 0,1%	1200ml	121°C	15 Lb	15 min				2/09/2024	4/09/2024	A30215	Negativo			
	Agar plate count	600 ml	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Agua destilada	15 L	121°C	16 Lb	16 min										
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							
	Control Biologico	1	121°C	15 Lb	15 min				3/09/2024	5/09/2024	A30215	Negativo			
	Frascos schott	200	121°C	15 Lb	15 min	Agua de peptona	10	conforme							

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

Normalmente, las autoclaves contienen una fuente de calor interna, un medidor de temperatura con un sensor en el escape, un medidor de presión y una válvula de seguridad operativa. La autoclave debe conservar una temperatura de esterilización durante el ciclo de esterilización y completar un ciclo completo (en pocas palabras, el tiempo entre el encendido de la autoclave y la extracción de los elementos del mismo) en 45 minutos cuando se emplea un período de esterilización de 12 a 15 minutos. La autoclave debe despresurizarse de manera lenta y controlada, para evitar que los medios hiervan y formen burbujas en los tubos invertidos.

Un ciclo de esterilización eficaz mantiene 121 °C (con una variación mínima de temperatura) 5 lb/in.2 (103 kPa) durante al menos 15 minutos. No obstante, el tiempo requerido para un ciclo de esterilización eficaz puede variar a causa de una serie de factores (tamaño de la carga, tipo de carga, ciclo utilizado), la temperatura requerida para un ciclo de autoclave eficaz es de 119 a 123 ºc (a 200 kPa). A medida que se añade vapor a una autoclave, se generan fluctuaciones de temperatura que pueden superar los 123 °C. Se esperan estas breves fluctuaciones de temperatura, la autoclave no debe conservar una temperatura elevada durante tiempos largos. La cinta indicadora de calor identifica el material que se esterilizo. Esta cinta contiene una tinta termoquímica, por lo general es azul de metileno o tirosina, que reacciona al calor y la presión, provocando un cambio de color a negro (Lipps et al., 2023).

A continuación, se presenta el registro de los controles: Blanco, duplicado, control positivo y negativo de los 3 meses de estudio (agosto, septiembre, octubre).

Como se observa en la tabla 33, se encuentra el control positivo, el cual se utilizó para verificar el correcto funcionamiento del experimento. Este control se estableció mediante el uso de la cepa *Escherichia coli* (ATCC 25922), que se sabe produce un resultado positivo. Esto se debe a que la cepa utilizó la enzima β-glucuronidasa para metabolizar el MUG, generando

fluorescencia (Sánchez, et al., 2022). Si no se obtiene un resultado positivo en la muestra de interés, esto indica que el procedimiento no se ha realizado correctamente. Las posibles causas de este fallo pueden incluir la ineficiencia de los reactivos, la falta de sensibilidad del método empleado o problemas con la cepa utilizada como control positivo (Cifuentes, 2022). En este estudio, los controles positivos durante los tres meses (agosto, septiembre y octubre) reportaron concentraciones superiores a 2419,6 NMP/100 mL, lo que indica que el control cumplió con los parámetros establecidos al generar una reacción positiva. Por otro lado, en el control negativo se utiliza *Pseudomonas aeruginosa* ATCC (27853), una cepa que no posee la enzima β-glucuronidasa, necesaria para reaccionar con el sustrato MUG y generar la reacción positiva (fluorescencia) (Croughs,et al., 2018). Debido a esto, el control negativo no debe mostrar concentraciones en la muestra. En este estudio, durante el período de análisis, los controles negativos reportaron concentraciones inferiores a <1 NMP/mL, lo que indica que el control fue satisfactorio.

Tabla 33

Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de agosto.

MATRIZ AGUA MARINA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS

No. Análisis	Fecha de siembra (D-M-A)	Volumen de muestra (mL)	Dilución	Fecha de lectura (D-M-A)	No. PG + CT	No. PP + CT	NMP/100 mL CT	Valor a reportar	No. PG + *E.coli*	No. PP + *E.coli*	NMP/100 mL *E.coli*	Valor a reportar	Observaciones
1	16/08/2024	100	-2	17/08/2024	23	1	31,3	3 130					
2	16/08/2024	100	DTO	17/08/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
3	16/08/2024	100	-2	17/08/2024	15	1	18,7	1 870					
4	22/08/2024	100	-2	23/08/2024	17	7	29,1	2 910					
5	22/08/2024	100	DTO	23/08/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
6	22/08/2024	100	DTO	23/08/2024	0	0	<1	<1					
7	23/08/2024	100	DTO	24/08/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
8	23/08/2024	100	-1	24/08/2024	14	6	23,3	233					
9	24/08/2024	100	DTO	25/08/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
10	24/08/2024	100	-2	25/08/2024	22	1	29,5	2 950	4	1	5,2	5,2	DUPLICADO
11	24/08/2024	100	-2	25/08/2024	27	1	38.9	3 890	4	3	7,2	7,2	DUPLICADO
12	24/08/2024	100	DTO	25/08/2024	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>2419,6	Control Positivo
13	24/08/2024	100	DTO	25/08/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Control Negativo

DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS CT: Coliformes Totales; NMP: Número más probable; PG: Pozos Grandes; PP: Pozos Pequeños; +: Positivo.

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 34, se encuentra el control del uso de duplicados, que se emplea para evaluar la precisión del analista. Si los resultados obtenidos de los duplicados no son consistentes entre sí, es necesario identificar el error que pudo haber ocurrido durante el análisis de las muestras. En este estudio, los controles de duplicados se realizaron de acuerdo con el procedimiento de aseguramiento de la calidad, cada 20 muestras. Además, se elaboraron las cartas de control correspondientes, basadas en el criterio de precisión de estos duplicados, para asegurar la fiabilidad y exactitud de los resultados obtenidos.

Tabla 34

Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de septiembre.

MATRIZ AGUA MARINA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y Escherichia coli EN AGUAS

No. Análisis	Fecha de siembra (D-M-A)	Volumen de muestra (mL)	Dilución	Fecha de lectura (D-M-A)	No. PG + CT	No. PP + CT	NMP/100 mL CT	Valor a reportar	No. PG + *E.coli*	No. PP + *E.coli*	NMP/100 mL *E.coli*	Valor a reportar	Observaciones
1	21/09/2024	100	-2	22/09/2024	18	4	28,5	2 850					
2	21/09/2024	100	-2	22/09/2024	20	4	30,1	3 010					
3	21/09/2024	100	DTO	22/09/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
4	21/09/2024	100	-2	22/09/2024	26	0	35,5	3 550					
5	21/09/2024	100	-2	22/09/2024	24	2	34,5	3 450					
6	22/09/2024	100	-2	23/09/2024	8	12	21,8	2 180					
7	22/09/2024	100	-2	23/09/2024	20	6	32,8	3 280					
8	22/09/2024	100	DTO	23/09/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
9	22/09/2024	100	-2	23/09/2024	21	3	30,5	3 050					
10	24/09/2024	100	DTO	25/09/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
11	24/09/2024	100	-1	25/09/2024	39	10	93,4	9 340					
12	24/09/2024	100	-1	25/09/2024	39	9	90,9	909					
13	26/09/2024	100	-2	27/09/2024	24	1	33,1	3 310					
14	26/09/2024	100	DTO	27/09/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
15	26/09/2024	100	-2	27/09/2024	20	6	32,8	3 280					
16	27/09/2024	100	-2	28/09/2024	23	3	34,1	3 410					
17	27/09/2024	100	DTO	28/09/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
18	27/09/2024	100	-2	28/09/2024	22	5	35	3 500					**
19	27/09/2024	100	-2	28/09/2024	18	10	34,6	3 460					***
20	27/09/2024	100	-2	28/09/2024	16	8	28,7	2 870					*
21	27/09/2024	100	-2	28/09/2024	19	7	32,4	3 240					
22	30/09/2024	100	DTO	1/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
23	30/09/2024	100	-2	1/10/2024	18	11	35,9	3 590					
24	1/10/2024	100	DTO	2/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
25	1/10/2024	100	-2	2/10/2024	21	2	29,2	2 920					
26	3/10/2024	100	DTO	4/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
27	3/10/2024	100	DTO	4/10/2024	26	2	38,4	3 840					
28	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	23	4	35,5	3 550	3	1	4,1	4,1	Duplicado/DTO
29	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	24	7	41,7	4 170	3	1	6,3	6,3	Duplicado/DTO
30	3/10/2024	100	DTO	4/10/2024	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>2419,6	Control Positivo

31	3/10/2024	100	DTO	4/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS			CT: Coliformes Totales; * : Dilución baja			NMP: Número más probable; **: Dilución Media			PG: Pozos Grandes;		PP: Pozos Pequeños; ***: Dilución alta		+: Positivo.

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 35, se presenta el control del uso de los blancos empleados por día, como lo establece el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental. Durante el periodo de estudio, los blancos mostraron un recuento de <1 NMP/ 100 mL, lo que indica que no hubo contaminación durante el procesamiento de las muestras.

Algunos autores reconocen la relevancia del control de los blancos en el monitoreo ambiental (Navas et. al, 2017). Este trabajo enfatizó en como la implementación de blancos (método, equipo, campo) ayuda a identificar cuáles son las fuentes que contaminan las muestras durante su análisis. Este control es decisivo en investigaciones ambientales para asegurar que las concentraciones reveladas en las muestras sean representativas del medio donde se está monitoreando y no sean sesgadas por contaminantes externos. La implementación de los controles permitió validar los resultados al confrontar las mediciones de los blancos con las muestras de analizadas, ayudando a descartar interferencias que conllevan a falsos positivos o en datos poco confiables.

Tabla 35

Registro de los controles blanco, duplicado, control positivo y control negativo del mes de octubre.

MATRIZ AGUA SUPERFICIAL - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y Escherichia coli EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (D-M-A)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (D-M-A)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	23	2	32,7	3 270					
2	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	21	5	33,2	3 320					
3	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	20	4	30,1	3 010					
4	3/10/2024	100	-2	4/10/2024	20	5	31,5	3 150					
5	3/10/2024	100	DTO	4/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
6	4/10/2024	100	-2	5/10/2024	22	2	30,9	3 090					
7	4/10/2024	100	-2	5/10/2024	19	8	33,7	3 370					
8	4/10/2024	100	-2	5/10/2024	22	2	30,9	3 090					
9	4/10/2024	100	DTO	5/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
10	5/10/2024	100	-2	6/10/2024	19	8	33,7	3 370					
11	5/10/2024	100	-2	6/10/2024	17	5	26,6	2 660					
12	5/10/2024	100	DTO	6/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
13	5/10/2024	100	-2	6/10/2024	18	9	33,3	3 330					
14	5/10/2024	100	-2	6/10/2024	22	5	35	3 500					
15	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	25	3	37,9	3 790					
16	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	24	0	31,7	3 170					
17	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	22	5	35	3 500					
18	6/10/2024	100	DTO	7/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
19	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	24	0	31,7	3 170					
20	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	22	4	33,6	3 360					
21	6/10/2024	100	-2	7/10/2024	13	14	31,4	3 140					
22	7/10/2024	100	-2	8/10/2024	13	14	31,4	3 140					
23	7/10/2024	100	-2	8/10/2024	22	2	30,9	3 090					
24	7/10/2024	100	DTO	8/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
25	7/10/2024	100	-2	8/10/2024	22	6	36,4	3 640	7	0	7,5	7,5	Duplicado/DTO
26	7/10/2024	100		8/10/2024	25	6	42,2	4 220	7	2	9,6	9,6	Duplicado/DTO
27	7/10/2024	100	DTO	8/10/2024	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>2419,6	Control Positivo
28	7/10/2024	100	DTO	8/10/2024	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS			CT: Coliformes Totales;		NMP: Número más probable;			PG: Pozos Grandes;		PP: Pozos Pequeños;			+: Positivo.

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

Finalmente, en la tabla 36 se presenta el registro del porcentaje de recuperación para la matriz de agua marina. Se evidencia que las tres diluciones evaluadas (alta, media y baja) cumplieron con el rango establecido, que debe oscilar entre el 70% y el 130%. En detalle, la dilución media (-7) mostró un porcentaje de recuperación del 110%, la dilución alta (-6) alcanzó un 99%, y la dilución baja (-8) obtuvo un 130%.

Este control es de vital importancia, ya que permite verificar si el método empleado en el laboratorio (Colilert) recupera de manera adecuada los microorganismos presentes en la matriz de agua. Esto garantiza que los resultados obtenidos sean confiables y reflejen fielmente la concentración real en la muestra analizada (Arboleda et al., 2016).

Tabla 36

Registro de porcentaje de recuperación del mes de septiembre de la matriz agua marina.

PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE Coliformes Totales										
No. Análisis	**Fecha de siembra (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Observaciones**
1	27/09/2024	14:00	100		28/09/2024	14:00	22	5	35,0	Muestra**
2	27/09/2024	14:40	100		28/09/2024	14:40	44	27	205,1	Muestra adicionada
3	27/09/2024	15:50	100	-7	28/09/2024	15:50	43	6	105,0	Inóculo 110%
1	27/09/2024	15:00	100		28/09/2024	15:00	18	10	34,6	Muestra***
2	27/09/2024	15:30	100		28/09/2024	15:30	49	30	613,1	Muestra adicionada
3	27/09/2024	15:50	100	-6	28/09/2024	15:50	48	38	629,4	Inóculo 99%
1	27/09/2024	13:00	100		28/09/2024	13:00	16	8	28,7	Muestra *
2	27/09/2024	14:00	100		28/09/2024	14:00	35	33	129,9	Muestra adicionada
3	27/09/2024	15:00	100	-8	28/09/2024	15:00	21	6	34,5	Inóculo 130%
DESCRIPCION: * : Dilución baja					****: Dilución Media**					*****: Dilución alta**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 37, se muestra el registro de las cartas control del criterio presión correspondientes a los meses de agosto, septiembre y octubre. En estos registros, se cumplió con el criterio de precisión establecido para los duplicados realizados, tanto en la matriz de agua marina como en la superficial. El laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental tiene establecido los límites de precisión: Para un mismo analista, no debe superar el 5 %, y entre analistas la precisión debe ser igual o inferior al 10%.

Tabla 37

Registro de la carta control del criterio de precisión.

CARTA CONTROL CRITERIO DE PRECISIÓN MICROBIOLOGIA								
Muestra de agua	**Fecha**	**Análisis de duplicados**		**Logaritmo de los recuentos**		**Rango de los logaritmos**	**Criterio de precisión**	**Cumplimiento criterio de precisión**
		D_1	**D_2**	**L_1**	**L_2**	**R_{log}**		
MARINA	2024-08-24	2950	3890	3,470	3,590	0,120	0,278	CUMPLE
	2024-09-19	2950	3690	3,470	3,567	0,097	0,278	CUMPLE
SUPERFICIAL	2024-10-07	3640	4220	3,561	3,625	0,064	0,338	CUMPLE

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

La precisión (repetibilidad) de los resultados analíticos cuantitativos se examinan mediante análisis repetidos, empleando recuentos repetidos de una sola dilución con el fin de determinar la precisión. Los análisis repetidos son especialmente relevantes cuando un laboratorio o analista es nuevo en un método, o se espera que un método o matriz cree resultados considerablemente variables. La precisión refleja la competencia del analista para lograr resultados semejantes en condiciones repetidas (Lipps et al., 2023).

9.2 Análisis y Resultados de Muestras Microbiológicas de Agua

A continuación, se presentan los registros de los resultados de las diferentes matrices de agua (Agua subterránea, marina, superficial, residual industrial, domestica, no domestica) obtenidos durante los tres meses de practica (agosto, septiembre y octubre).

En las tablas 38, 39, 40, 41, 42 y 43 se encuentran los resultados microbiológicos de coliformes totales y *E. coli* de las diferentes matrices de agua establecidas en el siguiente orden: Agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, agua marina, agua residual doméstica y agua residual no doméstica.

En la tabla 38, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua superficial. Además, se hayan los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 38

Registro de datos primarios de la matriz agua superficial – mes de agosto

MATRIZ AGUA SUPERFICIAL - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (A-M-D)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (A-M-D)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	2024-08-02	100	-2	2024-08-03	23	1	31,3	3 130					
2	2024-08-02	100	-2	2024-08-03	20	5	31,5	3 150					*
3	2024-08-02	100	DTO	2024-08-03	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
4	2024-08-02	100	-2	2024-08-03	23	3	34,1	3 410					***
5	2024-08-02	100	-2	2024-08-03	20	3	28,8	2 880					**
6	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	16	0	18,9	1 890					
7	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	24	1	33,1	3 310					
8	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	23	3	34,1	3 410					
9	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	18	9	33,3	3 330					
10	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	19	9	35,0	3 500					
11	2024-08-03	100	-2	2024-08-04	21	5	33,2	3 320					
12	2024-08-03	100	DTO	2024-08-04	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO

MATRIZ AGUA SUPERFICIAL - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS

No. Análisis	Fecha de siembra (A-M-D)	Volumen de muestra (mL)	Dilución	Fecha de lectura (A-M-D)	No. PG + CT	No. PP + CT	NMP/100 mL CT	Valor a reportar	No. PG + *E.coli*	No. PP + *E.coli*	NMP/100 mL *E.coli*	Valor a reportar	Observaciones
13	2024-08-04	100	-2	2024-08-05	26	4	41,4	4 140					
14	2024-08-04	100	-2	2024-08-05	22	4	33,6	3 360					
15	2024-08-04	100	DTO	2024-08-05	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
16	2024-08-04	100	-2	2024-08-05	22	6	36,4	3 640					
17	2024-08-04	100	-2	2024-08-05	24	4	37,3	3 730					
18	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	22	3	32,3	3 230					
19	2024-08-05	100	DTO	2024-08-06	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
20	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	18	9	33,3	3 330					
21	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	21	6	34,5	3 450					
22	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	21	8	37,3	3 730					
23	2024-08-05	100	DTO	2024-08-06	22	7	37,7	3 770					
24	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	17	12	35,4	3 540					Duplicado
25	2024-08-05	100	-2	2024-08-06	23	7	39,7	3 970					Duplicado
26	2024-08-05	100	DTO	2024-08-06	0	0	<1	<1					BLANCO
27	2024-08-05	100	DTO	2024-08-06	49	48	>2419,6	>2419,6					Control Positivo
28	2024-08-05	100	DTO	2024-08-06	0	0	<1	<1					control Negativo

DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS: **CT: Coliformes Totales** **NMP: Número más probable** **PG: Pozos Grandes** **PP: Pozos Pequeños**

+: Positivo *** : Dilución baja** ****: Dilución Media** *****: Dilución alta**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 39, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua subterránea. además, se incluyen los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 39

Registro de datos primarios de la matriz agua subterránea – mes de agosto.

MATRIZ AGUA SUBTERRANEA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (A-M-D)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (A-M-D)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	2024-08-23	100	-1	2024-08-24	41	8	98,7	987					
2	2024-08-23	100	-1	2024-08-24	40	10	98,5	985					
3	2024-08-23	100	-1	2024-08-24	41	4	88,0	880	0	0	<1	<1	Dilución *E.coli:* DTO
4	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	27	32	90,0	900					
5	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	39	9	90,9	909					
6	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
7	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	42	5	96,0	960					
8	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	42	6	98,8	988					
9	2024-08-25	100	-1	2024-08-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
10	2024-08-26	100	-1	2024-08-27	42	4	93,2	932					
11	2024-08-26	100	-1	2024-08-27	32	26	97,8	978					
12	2024-08-26	100	-1	2024-08-27	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
13	2024-08-27	100	-1	2024-08-28	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
14	2024-08-27	100	-1	2024-08-28	44	2	99,1	991	24	10	46,0	46,0	Dilución *E.coli:* DTO
15	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	38	13	95,8	958					
16	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
17	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	40	7	90,8	908					
18	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
19	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	37	13	91,1	911					

20	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	41	8	98,7	987					
21	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	40	10	98,5	985	0	0	<1	<1	DUPLICADO
22	2024-08-28	100	-1	2024-08-29	40	7	90,8	908	0	0	<1	<1	DUPLICADO
23	2024-08-28	100	DTO	2024-08-29	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>24 196	Control Positivo
24	2024-08-28	100	DTO	2024-08-29	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS:				**CT: Coliformes Totales**			**NMP: Número más probable**		**PG: Pozos Grandes**		**PP: Pozos Pequeños**		**+: Positivo**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 40, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua residual industrial. además, se incluyen los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 40

Registro de datos primarios de la matriz agua residual industrial – mes de septiembre

MATRIZ AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS

No. Análisis	Fecha de siembra (A-M-D)	Volumen de muestra (mL)	Dilución	Fecha de lectura (A-M-D)	No. PG + CT	No. PP + CT	NMP/100 mL CT	Valor a reportar	No. PG + *E.coli*	No. PP + *E.coli*	NMP/100 mL *E.coli*	Valor a reportar	Observaciones
1	2024-09-12	100	DTO	2024-09-13	0	0	<1	<1					
2	2024-09-12	100	DTO	2024-09-13	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
3	2024-09-12	100	DTO	2024-09-13	0	0	<1	<1					
4	2024-09-13	100	DTO	2024-09-14	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
5	2024-09-13	100	DTO	2024-09-14	0	0	<1	<1					
6	2024-09-15	100	DTO	2024-09-16	0	0	<1	<1					
7	2024-09-15	100	DTO	2024-09-16	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
8	2024-09-15	100	DTO	2024-09-16	0	0	<1	<1					
9	2024-09-15	100	DTO	2024-09-16	0	0	<1	<1					
10	2024-09-18	100	DTO	2024-09-19	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
11	2024-09-18	100	DTO	2024-09-19	0	0	<1	<1					
12	2024-09-18	100	DTO	2024-09-19	0	0	<1	<1					
13	2024-09-20	100	DTO	2024-09-21	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
14	2024-09-20	100	DTO	2024-09-21	0	0	<1	<1					
15	2024-09-20	100	DTO	2024-09-21	0	0	<1	<1					

16	2024-09-22	100	DTO	2024-09-23	0	0	<1	<1					
17	2024-09-22	100	DTO	2024-09-23	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
18	2024-09-22	100	DTO	2024-09-23	0	0	<1	<1					
19	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
20	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
21	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
22	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
23	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
24	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
25	2024-09-24	100	DTO	2024-09-25	0	0	<1	<1					
26	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
27	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	0	0	<1	<1					
28	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Duplicado
29	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Duplicado
30	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>24 196	Control Positivo
31	2024-09-25	100	DTO	2024-09-26	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	Control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS:				**CT: Coliformes Totales**			**NMP: Número más probable**		**PG: Pozos Grandes**		**PP: Pozos Pequeños**		**+: Positivo**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 41, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua marina. además, se incluyen los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 41

Registro de datos primarios de la matriz agua marina – mes de septiembre

MATRIZ AGUA MARINA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (A-M-D)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (A-M-D)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	2024-09-19	100	-2	2024-09-20	0	10	10,0	1 000					
2	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	35	20	98,0	980					
3	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	27	28	82,9	829					
4	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	11	28	45,0	450					
5	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	17	29	58,0	580					
6	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	18	8	32,0	320					
7	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	10	15	28,0	280					
8	2024-09-19	100	DTO	2024-09-20	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
9	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	34	1	55,7	557	0	0	<1	<1	DUPLICADO/DTO
10	2024-09-19	100	-1	2024-09-20	34	4	61,3	613	0	0	<1	<1	DUPLICADO/DTO
11	2024-09-19	100	DTO	2024-09-20	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>24 196	Control Positivo
12	2024-09-19	100	DTO	2024-09-20	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS:				**CT: Coliformes Totales**			**NMP: Número más probable**		**PG: Pozos Grandes**		**PP: Pozos Pequeños**		**+: Positivo**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 42, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua residual doméstica. además, se incluyen los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 42

Registro de datos primarios de la matriz agua residual domestica – mes de octubre.

MATRIZ AGUA RESIDUAL DOMESTICA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (A-M-D)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (A-M-D)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	15	44	74,0	740 000	16	21	45,3	45 300	***
2	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	18	38	73,0	730 000	22	0	28,2	28 200	**
3	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	24	14	52,0	520 000	21	0	26,5	26 500	*
4	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	35	18	93,5	935 000	20	1	26,2	26 200	
5	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	19	36	72,6	726 000	14	0	16,1	16 100	
6	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	27	9	51,2	512 000	13	0	14,8	14 800	
7	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	12	27	45,6	456 000	11	1	13,4	13 400	
8	2024-10-06	100	-1	2024-10-07	39	5	81,3	813					**
9	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	39	1	72,2	722 000					***
10	2024-10-06	100	-2	2024-10-07	43	10	117,8	11 780					*
11	2024-10-06	100	-4	2024-10-07	35	7	70,3	703 000					
12	2024-10-06	100	-3	2024-10-07	12	7	21,6	21 600					
13	2024-10-07	100	DTO	2024-10-08	0	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	BLN
14	2024-10-07	100	-4	2024-10-08	39	10	93,4	934 000	25	7	43,7	43 700	
15	2024-10-07	100	DTO	2024-10-08	0	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	BLN
16	2024-10-07	100	-4	2024-10-08	28	9	53,6	536 000	17	4	25,3	25 300	
17	2024-10-07	100	-4	2024-10-08	32	4	55,6	556 000	10	5	16,6	16 600	
18	2024-10-08	100	-3	2024-10-09	11	2	14,5	14 500					
19	2024-10-08	100	DTO	2024-10-09	0	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	BLN
20	2024-10-09	100	-4	2024-10-10	35	12	80,5	805 000					
21	2024-10-09	100	DTO	2024-10-10	0	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	BLN
22	2024-10-09	100	-3	2024-10-10	18	1	23,1	23 100					Duplicado
23	2024-10-09	100	-3	2024-10-10	22	1	29,5	29 500					Duplicado
24	2024-10-09	100	DTO	2024-10-10	49	48	>2419,6	>2419,6					Control Positivo
25	2024-10-09	100	DTO	2024-10-10	0	0	<1	<1					Control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS:			**CT: Coliformes Totales**		**NMP: Número más probable**			**PG: Pozos Grandes**		**PP: Pozos Pequeños**		**+: Positivo**	
			*** : Dilución baja**		****: Dilución Media**							*****: Dilución alta**	

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 43, se presentan los registros de los análisis microbiológicos correspondientes a la matriz de agua residual no doméstica. además, se incluyen los controles de calidad establecidos por el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental.

Tabla 43

Registro de datos primarios de la matriz agua residual no domestica – mes de octubre.

MATRIZ AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA - SUSTRATO ENZIMÁTICO COLIFORMES TOTALES Y *Escherichia coli* EN AGUAS													
No. Análisis	**Fecha de siembra (A-M-D)**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (A-M-D)**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Valor a reportar**	**No. PG + *E.coli***	**No. PP + *E.coli***	**NMP/100 mL *E.coli***	**Valor a reportar**	**Observaciones**
1	2024-10-01	100	-4	2024-10-02	33	0	51,2	512 000					
2	2024-10-01	100	-3	2024-10-02	28	0	39,5	39 500					
3	2024-10-01	100	DTO	2024-10-02	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
4	2024-10-09	100	-1	2024-10-10	18	9	33,3	333					
5	2024-10-09	100	DTO	2024-10-10	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
6	2024-10-10	100	DTO	2024-10-11	0	0	<1	<1					
7	2024-10-10	100	DTO	2024-10-11	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
8	2024-10-10	100	DTO	2024-10-11	0	0	<1	<1					
9	2024-10-28	100	DTO	2024-10-29	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	BLANCO
10	2024-10-28	100	-1	2024-10-29	39	0	70,0	700					
11	2024-10-28	100	-1	2024-10-29	43	0	87,6	876					Duplicado
12	2024-10-28	100	DTO	2024-10-29	49	48	>2419,6	>2419,6	49	48	>2419,6	>24 196	Control Positivo
13	2024-10-28	100	DTO	2024-10-29	0	0	<1	<1	0	0	<1	<1	control Negativo
DESCRIPCIÓN ABREVIATURAS:			**CT: Coliformes Totales**		**NMP: Número más probable**			**PG: Pozos Grandes**		**PP: Pozos Pequeños**		**+: Positivo**	

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

Los análisis microbiológicos se realizaron de forma satisfactoria, evidenciando la presencia de coliformes totales en todas las matrices de agua, con excepción del agua residual industrial. Esta excepción es a causa de las temperaturas registradas al momento de la toma de muestras, que alcanzaron temperaturas de 60°C. Estas temperaturas provocan la desnaturalización de estas bacterias al superar el rango de crecimiento optimo, que es de 37 °C (Asencios, 2022). Además, se ejecutaron todos los controles de calidad correspondientes para respaldar la confiabilidad de estos resultados, cumpliendo con los parámetros establecidos por el laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental.

La emisión de un juicio sobre la aceptación o el rechazo de los resultados microbiológicos no está dentro de las directrices del laboratorio de microbiología. Debido a que el laboratorio se encarga exclusivamente del procesamiento de las muestras y el reporte de los resultados. En este contexto, los resultados son emitidos a los clientes, quienes son los responsables de establecer si cumplen o no con las normativas por la cuales se rigen.

Por otro lado, el laboratorio se asegura que el personal a cargo del procesamiento de las muestras no conozca el lugar de muestreo, ni el origen de las mismas. Limitando su trabajo a clasificar las muestras según el tipo de matriz, sin tener acceso a la información de la disposición final que se les dará a estas aguas. Lo anterior se toma como medida preventiva, para evitar que el conocimiento de esta información llegue a influir de forma directa sobre los resultados microbiológicos; siguiendo los lineamientos de principios de confidencialidad y conflictos de interés estipulados en el contrato firmado al inicio de la relación contractual.

En estos análisis microbiológicos se aplicó la prueba Colilert, la cual emplea la tecnología de sustrato definido (DST) patentada para detectar simultáneamente coliformes totales y *E. coli*,

dos indicadores de nutrientes, ONPG y MUG, son las fuentes principales de carbono en Colilert. Los medios Colilert utilizan los sustratos cromogénicos o-nitrofenil-β-D-galacto-piranósido (ONPG) y rojo de clorofenol-ß-D-galactopiranósido (CPRG), en el mismo orden, para identificar la enzima. La ß-D-galactosidasa, que es producida por bacterias coliformes totales. La enzima ß-D-galactosidasa hidroliza el sustrato cromogénico produce un cambio de color, lo cual indica la presencia de coliformes totales sin procedimientos adicionales. Sin embargo, las bacterias no coliformes (especies de *Aeromonas, Flavobacterium* y *Pseudomonas*), consiguen producir pequeñas cantidades de la enzima B-D-galactosidasa, el crecimiento de estos microorganismos se suprime, por lo que generalmente no causarán un resultado falso positivo a menos que estén presentes >10° UFC/100 mL (Arboleda et al., 2016).

El sustrato fluorogénico 4-metil-umbeliferil ß-D-glucurónido (MUG) se emplea para identificar la enzima B-D-glucuronidasa, que es generada por gran parte de las cepas de *E. coli.* La enzima ß-D-glucuronidasa hidroliza el sustrato fluorogénico sustrato que genera fluorescencia azulada cuando se observa bajo luz ultravioleta (UV) de longitud de onda larga (365-366 nm). Juntos, el cambio de color (debido a la ß-D-galactosidasa) y la fluorescencia (debido a la ß-D-glucuronidasa) indican que una muestra contiene *E. coli* (Lipps et al., 2023).

Bonadonna (2007) en su investigación sobre la comparación de métodos y pruebas confirmatorias para la recuperación de *Escherichia coli* en muestras de aguas, llego a la conclusión que el método Colilert es idóneo para identificar cualitativamente y cuantitativamente mayor cantidad de *E. coli*. Otro estudio ejecutado en el centro y norte de Taiwan por el científico Chao Keiw (2004) y su equipo compararon los métodos de filtración por membrana y Colilert, llegando a la conclusión que el método de Colilert presento una mayor cantidad de *E. coli* y coliformes totales.

Niemela et al. (2003) ejecutaron su estudio en 13 países europeos, en un total de 20 laboratorios, efectuando una comparación el método Colilert (Quanti-Tray 2000/Idexx) con el método convencional da Membrana Filtrante verificando de esta forma que la prueba de enzima sustrato definido "Colilert" identifica cantidades más altas de coliformes totales y *E. coli* en agua potable.

La prueba enzima sustrato definido "Colilert" contienen sulfato de amonio como fuente de nitrógeno, sales minerales y sulfito de sodio, los cuales tienen como función brindar un ambiente idóneo para el crecimiento de los coliformes que presentan injuria, permitiendo una mejor detección. Además, la metodología Colilert permite analizar a la vez un volumen alto de muestras, por el poco espacio que se necesita y por la disminución de materiales y reactivos usados en comparación con otras metodologías. Este método es altamente sensible, estando en un rango de 1 a 1800 NMP/100mL para detectar y cuantificar concentraciones de Coliformes totales y *E. coli* (Robayo, 2019).

A continuación, se presentarán los resultados de los registros del porcentaje de recuperación de los meses de agosto y octubre, tanto de coliformes totales como *E. coli.*

Las tablas 44, 45 y 46 reportan los resultados de porcentaje de recuperación, los cuales cumplen con el criterio establecido en el laboratorio en el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental, encontrándose en un rango de 70% al 130%.

En la tabla 44, se presenta el registro del porcentaje de recuperación para la matriz de agua superficial del mes de agosto. Se evidencia que las tres diluciones evaluadas (alta, media y baja) cumplieron con el rango establecido, que debe oscilar entre el 70% y el 130%. En detalle, la

dilución media (-7) mostró un porcentaje de recuperación del 98%, la dilución alta (-6) alcanzó un 90%, y la dilución baja (-8) obtuvo un 72%.

Tabla 44

Registro del porcentaje de recuperación de la muestra de agua de los meses de agosto.

PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE Coliformes totales										
No. Análisis	**Fecha de siembra (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Observaciones**
1	2/08/2024	14:00	100		3/08/2024	14:00	20	5	31,5	Muestra*
2	2/08/2024	14:40	100		3/08/2024	14:40	28	3	44,1	Muestra adicionada
3	2/08/2024	15:50	100	-8	3/08/2024	15:50	9	21	33,5	Inóculo
										72%
1	2/08/2024	15:00	100		3/08/2024	15:00	23	3	34,1	Muestra***
2	2/08/2024	15:30	100		3/08/2024	15:30	49	27	517,2	Muestra adicionada
3	2/08/2024	15:50	100	-6	3/08/2024	15:50	48	47	960,6	Inóculo
										90%
1	2/08/2024	13:00	100		3/08/2024	13:00	20	3	28,8	Muestra **
2	2/08/2024	14:00	100		3/08/2024	14:00	36	31	131,1	Muestra adicionada
3	2/08/2024	15:00	100	-7	3/08/2024	15:00	43	8	111,2	Inóculo
										98%
DESCRIPCIÓN:	*** : Dilución baja**				****: Dilución Media**					*****: Dilución alta**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

En la tabla 45, se evidencia el registro del porcentaje de recuperación para la matriz de agua residual domestica del mes de octubre. Se observa que las tres diluciones evaluadas (alta, media y baja) cumplieron con el rango establecido, que debe oscilar entre el

70% y el 130%. En detalle, la dilución media (-7) mostró un porcentaje de recuperación del 114%, la dilución alta (-6) alcanzó un 100%, y la dilución baja (-8) obtuvo un 108%.

Tabla 45

Registro del porcentaje de recuperación de la muestra de agua del mes de octubre.

PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE Coliformes totales										
No. Análisis	**Fecha de siembra (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Observaciones**
1	6/10/2024	14:00	100		7/10/2024	14:00	39	5	81,3	Muestra**
2	6/10/2024	14:40	100		7/10/2024	14:40	49	17	290,9	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:50	100	-7	7/10/2024	15:50	41	12	110,0	Inóculo 114%
1	6/10/2024	15:00	100		7/10/2024	15:00	39	1	72,2	Muestra***
2	6/10/2024	15:30	100		7/10/2024	15:30	49	36	866,4	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:50	100	-6	7/10/2024	15:50	48	43	791,5	Inóculo 100%
1	6/10/2024	13:00	100		7/10/2024	13:00	43	10	117,8	Muestra *
2	6/10/2024	14:00	100		7/10/2024	14:00	40	30	161,5	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:00	100	-8	7/10/2024	15:00	15	13	33,3	Inóculo 108%
DESCRIPCIÓN:	*** : Dilución baja**				****: Dilución Media**				*****: Dilución alta**	

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

Finalmente, en la tabla 46 se evidencia el registro del porcentaje de recuperación de *E.coli* para la matriz de agua residual domestica del mes de octubre. Se observa que las tres diluciones evaluadas (alta, media y baja) cumplieron con el rango establecido, que debe oscilar entre el 70% y el 130%. En detalle, la dilución media (-7) mostró un porcentaje de recuperación del 94%, la dilución alta (-6) alcanzó un 100%, y la dilución baja (-8) obtuvo un 90%.

Estos porcentajes de recuperación satisfactorios, reportados en el laboratorio de microbiología de consultoría y monitoreo ambiental se debe a la efectividad de la tecnología de colilert, que recupera de forma efectiva los microorganismos presentes en las diferentes matrices de agua, garantizando de esta forma la precisión de los resultados (Arboleda et al., 2016).

Tabla 46

Registro del porcentaje de recuperación de E.coli.

PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE *E. coli*										
No. Análisis	**Fecha de siembra (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**Volumen de muestra (mL)**	**Dilución**	**Fecha de lectura (D-M-A)**	**Hora de siembra**	**No. PG + CT**	**No. PP + CT**	**NMP/100 mL CT**	**Observaciones**
1	6/10/2024	14:00	100		7/10/2024	14:00	16	21	45,3	Muestra***
2	6/10/2024	14:40	100		7/10/2024	14:40	49	35	816,4	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:50	100	-6	7/10/2024	15:50	48	43	791,5	Inóculo 100%
1	6/10/2024	15:00	100		7/10/2024	15:00	22	0	28,2	Muestra**
2	6/10/2024	15:30	100		7/10/2024	15:30	41	13	113,0	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:50	100	-7	7/10/2024	15:50	41	12	110,0	Inóculo 94%
1	6/10/2024	13:00	100		7/10/2024	13:00	21	0	26,5	Muestra *
2	6/10/2024	14:00	100		7/10/2024	14:00	28	4	45,7	Muestra adicionada
3	6/10/2024	15:00	100	-8	7/10/2024	15:00	18	4	26,9	Inóculo 90%
DESCRIPCIÓN:		*** : Dilución baja**				****: Dilución Media**				*****: Dilución alta**

Nota. Fuente: creación propia, 2024.

10. Conclusiones

- La aplicación de los diferentes controles establecidos en el aseguramiento de la calidad del laboratorio de microbiología permite garantizar la confiabilidad y precisión de los resultados microbiológicos del agua en la determinación de coliformes totales y *E.coli*, esto gracias al control de las variables analíticas y la verificación continua del método.

- La ejecución del registro de los resultados de los diferentes controles de calidad permite tener un control, trazabilidad, integridad y confiabilidad de los datos. Permitiendo demostrar que se está cumpliendo con el control de registros establecidos en el laboratorio de consultoría y monitoreo ambiental.

- La aplicación de la tecnología sustrato definido colilert para la identificación de coliformes totales y *E. coli* es sumamente confiable, como lo indican los soportes literarios mencionando que es un método de elevada precisión con un costo económico a comparación de las técnicas tradicionales. Asimismo, cuenta con una sencillez en el procedimiento metodológico permitiendo el análisis de un gran número muestras sin la necesidad de requerir grandes cantidades de material.

11. Recomendaciones

Se recomienda incluir en el procedimiento de aseguramiento de la calidad los siguientes ítems:

- Limpieza del área de siembra cada lote y/o cada vez que se vaya a analizar una muestra con mayor carga microbiana
- Material suficiente para la rutina analítica y/o durante auditorías internas o externas
- Implementar el uso de papel crepado y/o papel kraft en la parte superior del material de vidrio que no cuente con su respectiva tapa, para evitar contaminación por flujo de aire.

12. Referencias bibliográficas

Álvarez, B., Larrea, J., Lugo, D., Rojas, N., & Heydrich, M. (2012). *Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba.* Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 43, 1–9. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181226874006

American Public Health Asociation (2023) *Standard Methods for the examination of water & wastewater 24nd edition* [Documento PDF]. https://www.scribd.com/document/663250411/Standard-Methods-24th-2023

Andrés Felipe Alvarado Reyes, J. A. L. F. (2020). *Calidad microbiológica del agua de las playas del sector turístico de santa marta, caribe colombiano*. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería., 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.26507/ponencia.848

Arboleda, Baena, C. Arismendi-González, L, & Sepúlveda-Sánchez, M. (2016). *verificación de la metodología colilert para la determinación y cuatificación de coliformes totales y escherichia coli en una matriz de agua natural*. Revista Politécnica, 12(22), 105–112. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607863422012

Asencios Minaya, Jhonn Atilio. (2022). *Eficacia de un sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial*. [Trabajo de tesis]. http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3563

Berroa Cruz, J. P., & Medina Gomez, H. P. (2023). *Eficacia del hipoclorito de sodio, etanol, amonio cuaternario y vapor de agua como desinfectantes y agentes bactericidas para reducir la cantidad de unidades formadoras de colonias en los espacios de trabajo de los vendedores de un mercado, Arequipa. 2021*. Universidad Tecnológica del Perú.

https://hdl.handle.net/20.500.12867/7589

Bonadonna, L., Cataldo, C., & Semproni, M. (2007). *Comparison of methods and confirmation tests for the recovery Escherichia coli in water*. Desalination, 213, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.03.601

Cajas, A. (2019). *Tesis determinación del índice de calidad del agua del manantial del centro poblado de cochatama - huánuco - 2019*. (Vol. 0). http://distancia.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/610

Caro, H. P. A., & Tobar, J. A. (2019). *Análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos. Entramado*, 16(1), 240–249. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6126

Chacón, E. M., Ramírez, V., Malespín-Bendaña, W., Pérez-Pérez, G., & Une, C. (2020). *Validación de una prueba serológica para detectar la infección por Helicobacter pylori en Costa Rica*. Revista de biologia tropical, 68(2), 551–562. https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39349

Chao, K.-K., Chao, C.-C., & Chao, W. (2004). *Suitability of the traditional microbial indicators and their enumerating methods in the assessment of fecal pollution of subtropical freshwater environments*. Journal of Microbiology, Immunology, and Infection = Wei Mian Yu Gan Ran Za Zhi, 36, 288–293. https://www.researchgate.net/publication/8920347_Suitability_of_the_traditional_microbial_indicators_and_their_enumerating_methods_in_the_assessment_of_fecal_pollution_of_subtropical_freshwater_environments

Chirinos J, Rodríguez I. Revisión crítica *: lavado manual versus lavado automático del instrumental quirúrgico para garantizar una limpieza y desinfección eficaz* [Tesis]. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; 2018. https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1489

Cifuentes Taracena, Elfego Homero (2022). *Determinación de la combinación de materiales más eficiente para la implementación de la metodología UV SODIS*. [Maestría tesis], Universidad de San Carlos de Guatemala. http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16966

Croughs, P. D., Klaassen, C. H. W., van Rosmalen, J., Maghdid, D. M., Boers, S. A., Hays, J. P., & Goessens, W. H. F. (2018). *Unexpected mechanisms of resistance in Dutch Pseudomonas aeruginosa isolates collected during 14 years of surveillance. International Journal of Antimicrobial Agents*, 52(3), 407–410. https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.05.009

Donoso, C. A. D., & Vera, B. K. L. (2024). *Mecanismo de resistencia de uro-patógenos a los antibióticos, medidas de intervención y control* (Vol. 593, Issue 03). https://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7368

España. Ministerio de Obras Públicas; Transportes y Medio Ambiente. (1996). R*eal Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre,*. Boletín Oficial Del Estado, 77, 29 de marzo, 12038–12041. https://www.boe.es/eli/es/rd/1996/03/15/509/con

Gabriel, R., Proaño, S., & Gualoto, K. J. G. (2018*). Tratamiento de aguas residuales de cargas industrial con oxidación avanzada en sistemas convencionales. la granja: revista*

de ciencia de la vida, 27(1), 103–111. https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08

Genter, F., Marks, S. J., Clair-Caliot, G., Mugume, D. S., Johnston, R. B., Bain, R. E. S., & Julian, T. R. (2019). *Evaluation of the novel substrate RUGTM for the detection of: Escherichia coli in water from temperate (Zurich, Switzerland) and tropical (Bushenyi, Uganda) field sites. Environmental Science: Water Research and Technology*, 5(6), 1082–1091. https://doi.org/10.1039/c9ew00138g

Gianoli, A., Hung, A., & Shiva, C. (2019). *Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piur*a 2016-2017. Salud y Tecnología Veterinaria, 6(2), 62. https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3460

Gómez, H., Llanos, D. y Cruz, J. (2024) *Implementación de un proceso interno de calificación de medios isotérmicos para optimizar la gestión de equipos de laboratorio en una institución pública de investigación científica y tecnológica.* [Tesis de pregrado, Universidad Minuto de Dios]. https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/da291b15-3036-42d4-866a-c8ad1b0a27a1/content

Guía APA aquí: https://normasapa.in/#Articulos_cientificos

Instituto de Hidrología, M. y E. A.-I. (2022). Resolución N.° 0104 de 28 de enero de 2022, 1–31. Minería y Medio Ambiente Estudio Jurídico Ltda

ISO/CASCO. (2017). *INTERNATIONAL STANDARD ISO / IEC competence of testing and calibration. International Organization for Standardization*, 2017, 1–38.

https://www.iso.org/fr/standard/39883.html

Jimenez, D. H. A. (2020). *Propuesta de implementación de buenas prácticas de laboratorio en el laboratorio de microbiología de la empresa labfarve*. [Trabajo de grado]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3271/1/Arg%C3%BCello_2020_TG.pdf

Kinzelman, J. L., Singh, A., Ng, C., Pond, K. R., Bagley, R. C., & Gradus, S. (2005). *Use of IDEXX colilert-18® and quanti-tray/2000 as a rapid and simple enumeration method for the implementation of recreational water monitoring and notification programs.* Lake and Reservoir Management, 21(1), 73–77. https://doi.org/10.1080/07438140509354414

Larrea, M. J., Romeu Alvarez, B., Lugo Moya, D., & Rojas Badía, M. M. (2022). *Fundamental aspects of water quality monitoring: the almendares river as a case study. Cenic*, 53(2), 148–159. (PDF) Fundamental aspects of water quality monitoring: the almendares river as a case study

Laureano, D. P. (2023). *Trabajo Final de Grado "Manual de buenas prácticas ambientales para la gestión de la calidad del recurso agua en Finca La Emilia."* https://repositorio.21.edu.ar/handle/ues21/28645

Lipps, W., Braun, E. y Baxter, T. (2023) *Standard Methods*. Washington, USA. Baxter Editions. https://www.scribd.com/document/663250411/Standard-Methods-24th-2023

MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Resolucion 1207 de 2014* (p. 6). 7.-Anexo-7-Resolucion-1207-de-2014.pdf

Marín, G. R. (2019). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas. editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf

Mateus, J. (2018) *Determinación de la calidad microbiológica en los ambientes de los laboratorios de la Universidad de Santander*. [Tesis de pregrado, Universidad de Santander]. https://ww2.ufps.edu.co/public/archivos/pdf/d55712ef07504fa0bc4038d7dfef00e3.pdf

Mejía, Olaya J. A. (2018). *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de calidad según la NTC ISO/IEC 17025:2017 en el proceso de microbiología de un laboratorio de análisis ambiental*. Fundación Universidad de América, 98. http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7016

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076*. In Diario Oficial (Vol. 1, p. 654). https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/49240

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. (2015). *Resolución 0631*. In MINAMBIENTE (pp. 305–327). https://doi.org/10.4324/9780203861950

MINSALUD. (2015). *Perfil de riesgo de Escherichia coli enterotoxigénica y verotoxigénica en queso fresco*. 6. perfil de riesgo de escherichia coli enterotoxigenica y verotoxigénica en queso fresco.pdf

Molina Marcia, J., & Herrera Merlo, J. (2020). *Evaluación de las mediciones ambientales, a través de un ensayo de aptitud, de los laboratorios ambientales de Nicaragua y Costa Rica.* Revista Científica de FAREM-Estelí, 35, 121–140.

https://doi.org/10.5377/farem.v0i35.10280

Navas, C., Boix, C. e Ibáñez, M. (2017) *Estrategias para la evaluación de la contaminación en muestras en blanco en el monitoreo ambiental*. Revista analítica de química, 89(11), 5763 – 5772. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Diseno.pdf

Niemela, S. I., Lee, J. V, & Fricker, C. (2003*). A comparison of the International Standards Organisation reference method for the detection of coliforms and Escherichia coli in water with a defined substrate procedure*. Journal of Applied Microbiology, 95, 1285–1292. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02099.x

Nyandoro, Vincent & Vugigi, Sarah & Obat, Rose & Mshila, Christian. (2022). *Laboratory Glassware Cleaning Validation by Liquid Chromatographic Quantitation of Betamethasone Valerate Residues*. 12. 66-78. 10.58216/kjri.v12i2.221. https://journals.kabarak.ac.ke/index.php/kjri/article/view/221

Ochoa, G. (2021). *El constitucionalismo ecológico latinoamericano. El derecho humano al agua, al saneamiento y a la reutilización, como derecho del Siglo XXI.* Revista Ibérica Do Direito, 2, 17–47. https://www.revistaibericadodireito.pt/index.php/capa/article/view/53/42

Ochoa, J. (2022) *Aplicación de cartas de control en el análisis de temperatura y humedad relativa en el área de presión del laboratorio de metrología del centro de investigaciones de ingeniería (CII) de la Universidad San Carlos de Guatemala.* [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/20248/

Paitán, E., Santos, R., Sotelo, A., Zúñiga, D., & Vílchez, C. (2019). *Molecular characterization of bacteria with probiotic potential isolated from stool of human neonates.* Revista Peruana de Biologia, 26(1), 119–130. https://doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15915

Pérez, A. (2018) *Demostración de la velocidad de hidratación del dióxido de carbono.* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. https://www.academia.edu/37349974/Prelab_No_1

Piguave, J., Castellano, M., Macias, A., Vite, F., Ponce, M., & Avila, J. (2019). *Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil*. Redalyc, 47(2), 22. https://doi.org/10.5281/zenodo.3556

Ramis, J. (2017) *Prácticas de análisis microbiológico.* [Tesis de maestría, Universidad Baleriaca]. https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/146247/tfm_201617_MMAV_jsr560_1353.pdf?sequence=1

Robayo, D. (2019*). Apoyo en el análisis del recurso hídrico de la juridicción de la Car, en la determinación de coliformes totales y Escherichia coli mediante la técnica de sustrato definido colilert por el método de número más probable (NMP).* [Proyecto curricular de licenciatura en quimica, 1–32]. https://repository.udistrital.edu.co/items/0101ddef-f6f7-4867-a8d2-e8f04ff5ea58

Rossel, L., Rossel, L. y Zapana, R. (2020) *Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable*. Revista de investigación antoandina, 22(1), 1 -14. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100068

Sánchez Rodríguez, A, Vásquez Jiménez, M y Velandia Bernal, G. (2022). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo humano en las veredas El Alto del Águila y El Tunal del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca*. https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/5719

Sistema Integrado de Gestión (2020) *Guía de limpieza y desinfección.* [Documento PDF]. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/GUIA_DE_LIMPIEZA_Y_DESINFECCION.pdf

Tasa, M., Cámara, C. E., de Paz, J. M., Peiró, E., Visconti, F., Badal, E., Martínez, G. M. A., Bonet, L., & Pérez, P. J. G. (2023). *Evaluación del uso de agua marina desalinizada con diferentes concentraciones de boro para el riego*. 18, 14. https://doi.org/10.17561/XXXIX_CNR.A-03-2023

Torres, R. A. P. (2021). *La filtración con torta de polvo de hidroxiapatita reduce los falsos positivos asociados con las bacterias halófilas al evaluar Escherichia coli en agua de mar utilizando Colilert-18*. Universidad Pedagógica Nacional. http://hdl.handle.net/20.500.12209/13378

Tsuchioka, H. (2019). *La filtración con torta de polvo de hidroxiapatita reduce los falsos positivos asociados con las bacterias halófilas al evaluar Escherichia coli en agua de mar utilizando Colilert-18*. Revista de Métodos Microbiológicos, 159, 69–74. https://doi.org/10.1016/j.mimet.2019.02.012

Vargas, A. K. N., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., & Núñez, D. A. (2020). *Biological system analysis for domestic wastewater treatment in Colombia. Ingeniare*, 28(2), 315–322. https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200315

Vergara-Chen, C., Guevara, B., Zúñiga, M., & González, Y. (2023*). Calidad del agua de una playa del Pacífico de Panamá: condiciones fisicoquímicas y bacterias fecales*. I+D Tecnológico, 19(2), 94–100. https://doi.org/10.33412/idt.v19.2.3826

Vidal, L., Molina Sandoval, A. E., & Duque, G. (2021). *Incremento de la contaminación por microplásticos en aguas superficiales de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 50(2), 113–132. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.2.1032

Zamora, C., & Ramos, J. (2010*). Las actividades de la industria petrolera y el marco ambiental de Venezuela*. Revista Geográfica Venezolana, 51(1), 115–144. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730384008

13. Anexos

Anexo A

Registros de los controles de condiciones ambientales de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología del mes de agosto.

Tabla A1

Registro del control de condiciones ambientales del área de pesaje de medios

CONDICIONES AMBIENTALES						
	AGOSTO					
Pesaje de medios	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-08-01	16,8	59	21,9	40	21,0	44
2024-08-02	16,9	59	22,4	40	21,4	44
2024-08-05	17,5	59	20,7	48	21,6	44
2024-08-06	17,0	59	20,7	49	20,7	44
2024-08-08	16,7	59	21,0	48	21,0	40
2024-08-09	17,1	65	21,1	49	21,4	40
2024-08-12	17,4	65	21,1	49	21,6	40
2024-08-13	16,7	57	20,7	49	20,7	40
2024-08-14	17,1	59	24,7	49	20,7	40
2024-08-15	17,3	57	24,8	49	21,0	40
2024-08-16	17,4	57	21,5	49	21,5	40
2024-08-20	16,9	59	22,0	49	21,6	40
2024-08-21	16,9	59	21,2	51	21,4	42
2024-08-22	18,2	57	20,7	51	20,9	51
2024-08-23	17,1	57	21,1	51	23,7	51
2024-08-26	16,8	68	22,0	51	21,0	51
2024-08-27	16,7	69	22,5	42	20,9	51
2024-08-28	17,9	60	22,6	44	20,8	44
2024-08-29	17,7	48	22,9	48	20,7	48
2024-08-30	17,8	62	23,1	49	20,7	49

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla A2

Registro del control de condiciones ambientales del área de almacenamiento de medios

CONDICIONES AMBIENTALES						
	AGOSTO					
Almacenamiento	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-08-01	17,6	40	20,6	66	19,5	49
2024-08-02	17,6	42	20,9	66	18,5	46
2024-08-05	17,6	38	21,0	66	18,4	46
2024-08-06	17,6	42	21,1	66	18,5	44
2024-08-08	17,6	44	21,2	66	18,5	48
2024-08-09	17,5	42	21,2	66	19,5	48
2024-08-12	17,5	46	21,4	59	19,1	53
2024-08-13	17,5	44	21,5	57	18,0	49
2024-08-14	16,8	49	19,5	57	18,0	49
2024-08-15	17,5	38	20,5	60	18,4	53
2024-08-16	16,9	38	21,5	62	18,5	55
2024-08-20	17,1	40	20,6	60	19,5	46
2024-08-21	17,3	42	20,9	55	18,1	48
2024-08-22	16,8	44	21,0	55	18,2	49
2024-08-23	16,9	42	21,1	57	18,2	46
2024-08-26	17,7	40	21,2	59	18,1	46
2024-08-27	17,8	42	21,2	55	19,5	44
2024-08-28	18,4	44	21,4	57	19,4	42
2024-08-29	17,9	46	21,5	60	18,5	44
2024-08-30	17,7	48	21,5	62	18,5	48

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla A3

Registro del control de condiciones ambientales del área de incubación

CONDICIONES AMBIENTALES						
Incubación	AGOSTO					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-08-01	17,0	29	19,9	55	17,0	40
2024-08-02	16,6	36	21,7	56	17,8	40
2024-08-05	16,7	38	19,8	58	17,9	44
2024-08-06	17,0	34	19,9	56	17,0	42
2024-08-08	17,0	34	19,2	55	17,5	38
2024-08-09	16,6	36	21,2	55	17,0	38
2024-08-12	17,0	32	19,2	40	17,8	36
2024-08-13	17,9	32	21,1	42	17,3	34
2024-08-14	16,6	29	19,5	51	17,5	34
2024-08-15	17,0	32	19,1	46	16,6	32
2024-08-16	16,9	29	19,6	44	17,0	31
2024-08-20	17,8	29	19,9	44	16,9	40
2024-08-21	17,3	34	19,9	48	17,0	41
2024-08-22	17,5	36	19,8	50	16,6	36
2024-08-23	17,0	31	19,5	51	16,7	36
2024-08-26	17,5	34	19,5	46	17,0	40
2024-08-27	17,0	36	19,7	44	17,0	40
2024-08-28	17,0	32	19,9	42	16,7	38
2024-08-29	17,8	31	20,1	46	17,0	36
2024-08-30	17,9	29	20,4	44	17,0	40

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla A4

Registro del control de condiciones ambientales del área de lectura

CONDICIONES AMBIENTALES						
Lectura	AGOSTO					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-08-01	17,9	29	19,9	55	17,0	40
2024-08-02	16,8	36	19,7	56	17,0	40
2024-08-05	16,9	38	18,9	58	16,9	44
2024-08-06	16,9	34	18,8	56	16,8	42
2024-08-08	16,8	34	19,9	55	16,9	38
2024-08-09	16,9	36	19,0	55	17,0	38
2024-08-12	17,0	32	19,5	40	17,0	36
2024-08-13	17,0	32	19,9	42	17,0	34
2024-08-14	17,0	29	18,9	51	18,1	34
2024-08-15	17,0	32	18,6	46	17,1	32
2024-08-16	16,9	29	19,4	44	17,0	31
2024-08-20	16,8	29	19,5	44	17,0	40
2024-08-21	16,9	34	18,9	48	17,0	40
2024-08-22	17,0	36	18,8	50	16,9	36
2024-08-23	17,0	31	19,1	51	16,8	36
2024-08-26	17,0	34	18,8	46	16,9	40
2024-08-27	18,1	36	18,6	44	17,0	40
2024-08-28	17,1	32	19,1	42	16,8	38
2024-08-29	17,0	31	19,1	46	16,9	36
2024-08-30	16,8	29	19,1	44	17,0	40

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla A5

Registro del control de condiciones ambientales del área de siembra

CONDICIONES AMBIENTALES						
Siembra	AGOSTO					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-08-01	18,5	36	19,9	46	17,9	34
2024-08-02	18,5	38	19,9	44	18,9	34
2024-08-05	18,4	36	19,6	46	19,0	36
2024-08-06	18,4	34	19,6	50	19,0	32
2024-08-08	18,2	36	19,5	50	18,0	38
2024-08-09	18,2	32	19,5	51	18,9	36
2024-08-12	18,2	34	19,5	46	18,8	34
2024-08-13	18,2	32	19,5	44	18,5	32
2024-08-14	18,1	36	19,5	44	18,4	32
2024-08-15	18,5	34	19,4	48	18,3	31
2024-08-16	18,4	36	19,7	50	18,2	36
2024-08-20	18,3	36	19,6	51	18,1	36
2024-08-21	18,5	40	19,4	46	18,8	34
2024-08-22	18,2	38	19,6	44	18,1	32
2024-08-23	18,1	34	19,7	42	18,2	36
2024-08-26	18,5	36	19,6	46	19,1	34
2024-08-27	18,1	36	19,7	46	19,2	34
2024-08-28	18,5	34	19,8	50	19,1	34
2024-08-29	16,4	34	19,9	46	19,2	34
2024-08-30	17,7	32	19,9	51	19,3	38

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo B

Registros de los controles de condiciones ambientales de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología del mes de septiembre.

Tabla B1

Registro del control de condiciones ambientales del área de pesaje de medios

CONDICIONES AMBIENTALES						
Pesaje de medios	SEPTIEMBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-09-02	17,5	59	21,5	40	22,5	44
2024-09-03	17,4	60	22,4	40	22,0	44
2024-09-04	17,5	59	21,3	48	22,1	44
2024-09-05	17,4	60	21,5	49	22,6	44
2024-09-06	17,3	59	21,2	48	21,0	40
2024-09-09	17,3	65	21,3	49	21,6	40
2024-09-10	17,1	65	21,3	49	21,6	40
2024-09-11	16,7	57	20,9	49	20,7	40
2024-09-12	17,5	59	25,4	49	20,7	40
2024-09-13	16,7	57	22,8	49	20,8	40
2024-09-16	17,1	57	23,2	49	21,5	40
2024-09-17	17,0	59	22,0	49	21,6	40
2024-09-18	17,1	59	21,2	51	21,6	42
2024-09-19	18,2	57	20,7	51	20,7	51
2024-09-20	17,1	57	22,7	51	23,7	51
2024-09-23	16,8	68	22,8	51	24,0	51
2024-09-24	16,7	69	22,9	42	22,6	51
2024-09-25	17,9	60	23,0	44	22,6	44
2024-09-26	17,7	48	23,0	48	22,6	48
2024-09-27	17,8	62	22,6	49	22,6	49
2024-09-30	17,8	62	22,6	49	22,6	49

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla B2

Registro del control de condiciones ambientales del área de almacenamiento de medios

CONDICIONES AMBIENTALES						
Almacenamiento	SEPTIEMBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-09-02	17,5	49	20,6	59	19,5	55
2024-09-03	17,4	46	20,9	57	18,5	48
2024-09-04	17,6	46	21,0	60	18,4	53
2024-09-05	17,4	44	21,1	59	18,5	55
2024-09-06	17,3	48	21,2	55	18,5	46
2024-09-09	17,3	38	21,3	59	19,5	53
2024-09-10	17,1	38	21,4	51	19,1	38
2024-09-11	17,5	49	21,5	55	18,0	51
2024-09-12	16,8	49	20,7	55	18,0	49
2024-09-13	18,6	46	20,8	53	18,4	51
2024-09-16	18,6	48	21,1	55	18,5	49
2024-09-17	18,6	46	21,5	57	19,5	51
2024-09-18	18,6	48	21,1	53	18,1	48
2024-09-19	16,8	49	20,8	55	18,2	49
2024-09-20	16,9	46	21,0	53	18,2	46
2024-09-23	17,7	46	20,9	51	18,1	46
2024-09-24	17,8	44	20,8	55	19,5	44
2024-09-25	18,4	42	21,0	57	18,5	42
2024-09-26	17,9	44	21,4	59	18,5	44
2024-09-27	17,7	48	21,5	59	18,5	48
2024-09-30	17,7	48	21,1	60	18,5	48

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla B3

Registro del control de condiciones ambientales del área de incubación

CONDICIONES AMBIENTALES						
Incubación	SEPTIEMBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-09-02	17,0	34	19,9	48	19,8	32
2024-09-03	16,6	32	21,7	50	21,4	34
2024-09-04	16,7	31	19,8	51	19,0	36
2024-09-05	17,0	32	19,9	53	19,7	36
2024-09-06	17,0	36	19,2	48	19,3	34
2024-09-09	16,6	34	21,1	50	20,9	32
2024-09-10	17,0	36	19,2	51	19,9	36
2024-09-11	17,9	32	21,1	46	21,4	32
2024-09-12	16,6	32	19,5	44	19,9	34
2024-09-13	17,0	34	19,1	46	19,5	32
2024-09-16	16,9	36	19,6	42	19,6	34
2024-09-17	17,0	36	19,9	42	19,7	36
2024-09-18	17,0	34	19,9	56	19,8	36
2024-09-19	17,0	32	19,8	55	21,7	34
2024-09-20	17,0	36	19,5	56	19,8	32
2024-09-23	17,0	32	19,5	44	19,8	36
2024-09-24	17,0	34	19,7	46	19,5	32
2024-09-25	17,0	36	19,9	42	19,9	34
2024-09-26	17,0	34	20,1	42	20,1	34
2024-09-27	17,0	38	20,4	44	20,4	38
2024-09-30	17,0	32	20,4	46	20,4	38

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla B4

Registro del control de condiciones ambientales del área de lectura

CONDICIONES AMBIENTALES						
Lectura	SEPTIEMBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-09-02	17,9	48	19,9	36	16,9	55
2024-09-03	17,0	44	19,7	40	17,0	55
2024-09-04	16,9	44	19,6	40	17,0	55
2024-09-05	16,9	44	19,7	42	17,0	55
2024-09-06	16,8	44	19,9	36	16,6	55
2024-09-09	16,9	44	19,7	40	17,1	55
2024-09-10	17,0	44	19,5	40	17,0	40
2024-09-11	17,0	44	19,9	42	16,9	42
2024-09-12	17,0	48	19,4	34	16,6	34
2024-09-13	17,0	46	19,7	32	16,8	32
2024-09-16	16,9	44	19,4	31	16,8	31
2024-09-17	16,8	46	19,5	40	16,9	40
2024-09-18	16,9	38	19,4	42	16,6	42
2024-09-19	17,0	48	19,8	36	16,5	36
2024-09-20	17,0	48	19,1	40	16,3	36
2024-09-23	17,0	46	19,4	40	16,2	40
2024-09-24	18,1	46	19,5	40	16,7	40
2024-09-25	17,1	48	19,4	40	17,0	58
2024-09-26	17,0	50	19,8	34	16,5	58
2024-09-27	16,9	40	19,1	38	16,3	58
2024-09-30	16,9	40	19,2	38	16,5	58

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla B5

Registro del control de condiciones ambientales del área de siembra

Siembra	CONDICIONES AMBIENTALES					
	SEPTIEMBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-09-02	17,0	36	55	36	16,7	40
2024-09-03	17,0	38	48	40	16,7	38
2024-09-04	16,9	36	50	40	16,7	44
2024-09-05	16,9	36	48	42	16,7	36
2024-09-06	16,7	36	44	36	16,6	36
2024-09-09	16,7	36	55	40	17,0	38
2024-09-10	16,7	36	48	40	16,9	34
2024-09-11	16,7	38	48	42	16,8	38
2024-09-12	16,6	36	51	34	17,0	38
2024-09-13	17,0	38	53	32	16,7	36
2024-09-16	16,9	36	51	31	16,7	36
2024-09-17	16,8	36	53	40	16,7	36
2024-09-18	17,0	40	44	42	16,7	40
2024-09-19	16,7	38	44	36	16,7	38
2024-09-20	16,6	44	51	40	16,6	44
2024-09-23	17,0	36	48	40	17,0	36
2024-09-24	17,0	36	50	40	16,9	36
2024-09-25	16,9	38	53	40	16,8	38
2024-09-26	17,0	34	53	34	17,0	34
2024-09-27	16,7	38	46	38	16,7	38
2024-09-30	17,0	38	46	38	17,0	38

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo C

Registros de los controles de condiciones ambientales de las diferentes áreas del laboratorio de microbiología del mes de octubre.

Tabla C1

Registro del control de condiciones ambientales del área de pesaje de medios

CONDICIONES AMBIENTALES						
Pesaje de medios	OCTUBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-10-01	17,0	40	21,5	59	18,3	42
2024-10-02	17,0	34	22,3	60	18,1	44
2024-10-03	17,1	48	21,1	62	18,0	46
2024-10-04	17,0	49	21,1	60	17,9	44
2024-10-07	17,5	48	21,5	59	18,1	40
2024-10-08	17,0	49	21,1	63	18,2	40
2024-10-09	17,1	49	21,1	65	18,1	42
2024-10-10	17,5	49	21,2	57	18,0	40
2024-10-11	17,1	49	21,4	59	18,1	44
2024-10-15	17,0	49	21,5	57	18,0	40
2024-10-16	16,9	49	21,7	58	18,1	44
2024-10-17	16,8	49	21,8	57	18,1	40
2024-10-18	16,7	49	22,0	57	18,1	40
2024-10-21	16,8	48	21,2	59	18,1	40
2024-10-22	17,1	49	21,5	60	17,9	42
2024-10-23	16,9	48	21,7	57	18,0	42
2024-10-24	17,1	42	22,1	58	18,1	44
2024-10-25	17,5	40	21,5	58	18,1	40
2024-10-28	17,1	40	21,7	60	18,0	42
2024-10-29	17,0	40	21,9	58	18,1	44
2024-10-30	16,9	40	21,9	60	18,0	42
2024-10-31	17,1	48	21,8	58	18,1	44

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla C2

Registro del control de condiciones ambientales del área almacenamiento

CONDICIONES AMBIENTALES						
Almacenamiento	OCTUBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-10-01	17,6	40	21,1	59	19,5	51
2024-10-02	17,6	40	21,8	60	18,5	49
2024-10-03	17,7	40	20,8	62	18,4	48
2024-10-04	17,6	40	20,7	60	18,5	51
2024-10-07	17,6	49	20,8	59	18,5	53
2024-10-08	17,5	51	20,9	63	19,5	48
2024-10-09	17,5	49	20,6	65	19,1	38
2024-10-10	17,5	55	20,7	57	18,4	51
2024-10-11	16,8	49	20,8	59	18,5	51
2024-10-15	18,6	55	20,7	57	18,4	46
2024-10-16	18,0	55	20,7	58	18,3	51
2024-10-17	18,1	55	20,7	57	18,5	46
2024-10-18	17,7	55	20,7	57	18,5	51
2024-10-21	18,0	51	20,7	59	18,4	46
2024-10-22	17,7	55	20,9	60	19,1	51
2024-10-23	17,8	49	20,8	57	18,4	42
2024-10-24	17,9	55	20,7	58	18,5	49
2024-10-25	18,0	49	20,7	58	18,4	49
2024-10-28	18,1	55	20,8	58	18,5	42
2024-10-29	18,0	40	20,7	57	19,1	49
2024-10-30	17,9	40	20,8	59	19,0	49
2024-10-31	18,0	49	20,7	63	19,0	46

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla C3

Registro del control de condiciones ambientales del área de incubación

CONDICIONES AMBIENTALES						
Incubación	OCTUBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-10-01	17,0	29	20,4	46	18,5	34
2024-10-02	16,6	37	20,4	44	18,7	34
2024-10-03	16,7	38	19,8	46	18,8	36
2024-10-04	17,0	34	19,9	50	18,2	32
2024-10-07	17,0	34	19,2	50	18,4	38
2024-10-08	16,6	36	21,1	51	18,2	36
2024-10-09	17,0	32	20,4	46	18,3	34
2024-10-10	17,1	38	21,1	44	18,2	32
2024-10-11	16,6	36	19,5	44	18,4	32
2024-10-15	17,0	32	19,1	48	18,2	31
2024-10-16	17,3	32	20,4	44	18,3	32
2024-10-17	17,2	32	20,4	48	18,4	31
2024-10-18	18,1	32	20,4	44	18,3	32
2024-10-21	17,2	32	19,1	48	18,4	31
2024-10-22	17,2	38	21,1	46	18,3	34
2024-10-23	17,2	32	21,7	43	18,2	36
2024-10-24	16,9	36	20,4	43	18,4	32
2024-10-25	17,2	36	19,1	48	18,3	31
2024-10-28	17,3	36	19,3	44	18,0	34
2024-10-29	16,3	31	21,1	50	18,4	36
2024-10-30	16,5	29	19,3	50	18,3	32
2024-10-31	16,3	31	20,4	51	18,4	38

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla C4

Registro del control de condiciones ambientales del área de lectura

Lectura	OCTUBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-10-01	17,5	29	20,9	55	18,5	40
2024-10-02	17,0	37	20,7	56	18,4	40
2024-10-03	16,9	38	20,4	58	18,5	44
2024-10-04	16,9	34	20,5	56	18,4	42
2024-10-07	16,8	34	20,9	55	18,4	38
2024-10-08	16,9	36	20,0	55	18,1	38
2024-10-09	17,0	32	20,5	40	18,5	36
2024-10-10	17,0	38	20,9	42	18,5	34
2024-10-11	17,0	36	20,2	51	18,1	34
2024-10-15	16,8	32	20,7	46	18,2	32
2024-10-16	18,4	32	20,4	51	18,5	34
2024-10-17	16,9	32	20,3	46	18,2	32
2024-10-18	17,0	32	20,2	42	18,2	34
2024-10-21	16,8	32	20,7	51	18,1	32
2024-10-22	17,1	38	20,5	40	18,5	34
2024-10-23	17,0	32	20,3	46	18,1	36
2024-10-24	16,8	36	20,4	40	18,1	36
2024-10-25	17,5	36	20,3	55	18,1	32
2024-10-28	17,3	36	20,4	46	18,3	36
2024-10-29	17,0	31	20,2	55	18,1	32
2024-10-30	17,0	29	20,7	56	18,3	36
2024-10-31	17,0	31	20,3	58	18,5	34

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla C5

Registro del control de condiciones ambientales del área de siembra

Siembra	CONDICIONES AMBIENTALES					
	OCTUBRE					
	Mañana (°C)	Humedad relativa (%)	Medio día (°C)	Humedad relativa (%)	Tarde(°C)	Humedad relativa (%)
2024-10-01	16,8	36	19,9	46	17,9	34
2024-10-02	17,0	38	19,9	44	18,9	34
2024-10-03	16,9	36	19,6	46	19,0	36
2024-10-04	16,9	34	19,6	50	19,0	32
2024-10-07	16,7	36	19,5	50	18,0	38
2024-10-08	16,7	32	19,5	51	18,9	36
2024-10-09	16,7	34	19,5	46	18,8	32
2024-10-10	16,7	32	19,5	44	18,5	32
2024-10-11	16,6	36	19,5	44	18,4	32
2024-10-15	17,0	34	19,4	48	18,3	31
2024-10-16	17,1	34	19,4	44	18,3	32
2024-10-17	17,2	34	19,3	48	18,3	31
2024-10-18	18,1	34	19,3	44	18,2	32
2024-10-21	17,2	32	19,3	44	18,3	32
2024-10-22	17,7	36	19,4	46	18,5	36
2024-10-23	17,0	32	19,3	44	19,0	36
2024-10-24	16,8	32	19,4	46	18,4	32
2024-10-25	17,1	32	19,4	44	19,0	36
2024-10-28	17,0	32	19,5	48	18,0	31
2024-10-29	16,6	31	19,4	50	18,0	36
2024-10-30	16,7	32	19,3	48	18,9	32
2024-10-31	16,8	31	19,4	46	18,3	32

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo D

Registros de los controles de las temperaturas de los equipos isotérmicos del laboratorio de microbiología del mes de agosto

Tabla D1

Registro del control de la temperatura de la incubadora 221

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Incubadora 221	AGOSTO		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-08-01	34,9	34,9	35,0
2024-08-02	34,9	34,9	34,7
2024-08-05	34,9	34,9	35,1
2024-08-06	34,9	34,9	34,6
2024-08-08	34,9	34,9	34,9
2024-08-09	34,9	34,9	34,6
2024-08-12	34,9	34,9	34,9
2024-08-13	34,9	34,9	35,1
2024-08-14	34,9	34,9	35,2
2024-08-15	34,9	34,9	34,9
2024-08-16	34,9	34,9	34,9
2024-08-20	34,9	34,9	35,1
2024-08-21	34,9	34,9	35,1
2024-08-22	34,9	34,9	35
2024-08-23	34,9	34,9	34,7
2024-08-26	34,9	34,9	34,9
2024-08-27	34,9	34,9	34,9
2024-08-28	34,9	34,9	34,9
2024-08-29	34,9	34,9	34,9
2024-08-30	34,9	34,9	34,9

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla D2

Registro del control de temperatura de la incubadora 390

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Incubadora 390	AGOSTO		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-08-01	44,5	44,5	44,4
2024-08-02	44,5	44,4	44,4
2024-08-05	44,5	44,5	44,4
2024-08-06	44,5	44,5	44,4
2024-08-08	44,5	44,5	44,4
2024-08-09	44,5	44,4	44,4
2024-08-12	44,5	44,5	44,4
2024-08-13	44,5	44,5	44,5
2024-08-14	44,5	44,5	44,5
2024-08-15	44,5	44,5	44,5
2024-08-16	44,5	44,5	44,5
2024-08-20	44,5	44,5	44,5
2024-08-21	44,5	44,4	44,5
2024-08-22	44,5	44,5	44,5
2024-08-23	44,5	44,5	44,5
2024-08-26	44,5	44,6	44,5
2024-08-27	44,5	44,5	44,4
2024-08-28	44,5	44,5	44,5
2024-08-29	44,5	44,5	44,5
2024-08-30	44,5	44,5	44,4

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla D3

Registro del control de temperatura de la nevera de medios

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Nevera de medios	AGOSTO		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-08-01	3,3	3,2	3,4
2024-08-02	3,2	3,1	3,3
2024-08-05	3,0	3,0	3,2
2024-08-06	3,0	2,9	3,2
2024-08-08	2,9	3,1	3,1
2024-08-09	3,2	3,0	3,1
2024-08-12	4,0	3,0	3,1
2024-08-13	4,2	3,0	3,1
2024-08-14	4,1	3,0	3,1
2024-08-15	4,2	3,0	3,1
2024-08-16	4,2	3,0	3,1
2024-08-20	4,3	3,0	2,9
2024-08-21	4,3	3,0	3,0
2024-08-22	4,4	3,0	3,0
2024-08-23	4,4	3,0	3,0
2024-08-26	4,5	3,0	3,0
2024-08-27	4,5	3,0	3,0
2024-08-28	4,6	3,0	3,0
2024-08-29	4,6	3,0	3,0
2024-08-30	4,7	3,0	3,0

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla D4

Registro del control de temperatura del congelador de cepario

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Congelador de cepario	AGOSTO		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-08-01	-18,4	-18,6	-18,6
2024-08-02	-18,3	-18,9	-18,4
2024-08-05	-18,3	-18,3	-18,3
2024-08-06	-18,3	-18,8	-18,3
2024-08-08	-18,3	-18,3	-18,3
2024-08-09	-18,3	-18,7	-18,3
2024-08-12	-18,8	-18,3	-18,3
2024-08-13	-18,7	-18,8	-18,6
2024-08-14	-18,6	-18,8	-18,8
2024-08-15	-18,5	-18,8	-19,0
2024-08-16	-18,4	-18,9	-18,8
2024-08-20	-18,3	-18,8	-18,8
2024-08-21	-18,2	-19,1	-18,8
2024-08-22	-18,1	-19,0	-18,7
2024-08-23	-18,4	18,8	-18,8
2024-08-26	-18,3	-18,8	-18,8
2024-08-27	-18,3	-18,7	-18,8
2024-08-28	-18,3	-18,9	-18,7
2024-08-29	-18,3	-18,8	-18,6
2024-08-30	-18,3	-18,8	-18,7

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla D5

Registro del control de temperatura de la nevera de muestras

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Nevera de muestras	AGOSTO		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-08-01	3,6	3,5	3,6
2024-08-02	3,5	3,4	3,5
2024-08-05	3,8	3,5	3,6
2024-08-06	3,5	3,6	3,6
2024-08-08	3,6	3,4	3,4
2024-08-09	3,4	3,5	3,5
2024-08-12	3,8	3,5	3,5
2024-08-13	4,2	3,5	3,6
2024-08-14	4,6	3,5	3,6
2024-08-15	5,0	3,5	3,5
2024-08-16	4,3	3,5	3,5
2024-08-20	5,0	3,5	3,6
2024-08-21	5,4	3,5	4,5
2024-08-22	6,6	3,5	3,5
2024-08-23	4,3	3,5	3,5
2024-08-26	4,5	3,5	4,0
2024-08-27	4,3	3,5	3,5
2024-08-28	4,5	3,5	3,5
2024-08-29	4,8	3,5	3,5
2024-08-30	4,3	3,5	3,5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo E

Registros de los controles de las temperaturas de los equipos isotérmicos del laboratorio de microbiología del mes de septiembre

Tabla E1

Registro del control de la temperatura de la incubadora 221

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
	SEPTIEMBRE		
Incubadora 221	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-09-02	35,0	34,9	34,9
2024-09-03	35,0	35,1	35,1
2024-09-04	35,0	35,1	35,1
2024-09-05	34,9	35,0	35,0
2024-09-06	34,9	35,0	35,0
2024-09-09	34,9	35,0	35,0
2024-09-10	34,9	35,0	35,0
2024-09-11	34,9	34,9	34,9
2024-09-12	34,9	34,9	34,9
2024-09-13	34,9	34,9	34,9
2024-09-16	34,9	34,9	34,9
2024-09-17	34,9	35,1	35,1
2024-09-18	34,9	35,0	35,0
2024-09-19	34,9	34,9	34,9
2024-09-20	34,9	35,0	35,0
2024-09-23	34,9	34,9	34,9
2024-09-24	34,9	35,0	35,0
2024-09-25	34,9	35,0	35,0
2024-09-26	34,9	35,0	35,0
2024-09-27	34,9	35,0	35,0
2024-09-30	34,9	35,1	35,1

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla E2

Registro del control de la temperatura de la incubadora 390

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Incubadora 390	SEPTIEMBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-09-02	44,5	44,6	44,4
2024-09-03	44,5	44,4	44,4
2024-09-04	44,5	44,5	44,4
2024-09-05	44,5	44,5	44,5
2024-09-06	44,5	44,5	44,4
2024-09-09	44,5	44,4	44,5
2024-09-10	44,5	44,5	44,4
2024-09-11	44,5	44,5	44,5
2024-09-12	44,5	44,5	44,5
2024-09-13	44,5	44,5	44,5
2024-09-16	44,5	44,5	44,5
2024-09-17	44,5	44,5	44,5
2024-09-18	44,5	44,6	44,5
2024-09-19	44,5	44,5	44,5
2024-09-20	44,5	44,5	44,5
2024-09-23	44,5	44,6	44,5
2024-09-24	44,5	44,5	44,4
2024-09-25	44,5	44,6	44,5
2024-09-26	44,5	44,5	44,5
2024-09-27	44,5	44,5	44,4
2024-09-30	44,5	44,6	44,4

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla E3

Registro del control de la temperatura de la incubadora de la nevera de medios

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
	SEPTIEMBRE		
Nevera de medios	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-09-02	3,1	3,1	3,4
2024-09-03	3,1	3,0	3,3
2024-09-04	3,3	3,1	3,2
2024-09-05	3,1	3,2	3,2
2024-09-06	3,0	3,0	3,1
2024-09-09	3,0	3,1	3,1
2024-09-10	3,0	3,0	3,1
2024-09-11	2,9	2,9	3,1
2024-09-12	3,0	3,0	3,1
2024-09-13	3,1	3,1	3,1
2024-09-16	2,9	3,1	3,1
2024-09-17	3,4	3,0	2,9
2024-09-18	3,0	3,3	3,0
2024-09-19	3,1	3,3	3,0
2024-09-20	3,2	3,0	3,0
2024-09-23	3,1	3,1	3,0
2024-09-24	3,2	3,0	3,0
2024-09-25	3,1	3,1	3,0
2024-09-26	3,2	2,9	3,0
2024-09-27	3,0	3,0	3,0
2024-09-30	4,0	3,0	3,2

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla E4

Registro del control de la temperatura del congelador de cepario

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Congelador de cepario	SEPTIEMBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-09-02	-18,4	-18,6	-18,6
2024-09-03	-18,3	-18,9	-18,4
2024-09-04	-18,3	-18,3	-18,3
2024-09-05	-18,3	-18,8	-18,3
2024-09-06	-18,3	-18,3	-18,3
2024-09-09	-18,3	-18,7	-18,3
2024-09-10	-18,8	-18,3	-18,3
2024-09-11	-18,7	-18,8	-18,6
2024-09-12	-18,6	-18,8	-18,8
2024-09-13	-18,5	-18,8	-19,0
2024-09-16	-18,4	-18,9	-18,8
2024-09-17	-18,3	-18,8	-18,8
2024-09-18	-18,2	-19,1	-18,8
2024-09-19	-18,1	-19,0	-18,7
2024-09-20	-18,4	-18,8	-18,8
2024-09-23	-18,3	-18,8	-18,8
2024-09-24	-18,3	-18,7	-18,8
2024-09-25	-18,3	-18,9	-18,7
2024-09-26	-18,3	-18,8	-18,6
2024-09-27	-18,3	-18,8	-18,8
2024-09-30	-18,6	-18,8	-18,8

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla E5

Registro del control de la temperatura de nevera de muestras

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Nevera de muestras	SEPTIEMBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-09-02	3,6	3,5	3,6
2024-09-03	3,5	3,4	3,5
2024-09-04	3,8	3,5	3,6
2024-09-05	3,5	3,6	3,6
2024-09-06	3,6	3,4	3,4
2024-09-09	3,4	3,5	3,5
2024-09-10	3,8	3,5	3,5
2024-09-11	4,2	3,5	3,6
2024-09-12	4,6	3,5	3,6
2024-09-13	5,0	3,5	3,5
2024-09-16	4,3	3,5	3,5
2024-09-17	5,0	3,5	3,6
2024-09-18	5,4	3,4	4,5
2024-09-19	6,6	3,5	3,5
2024-09-20	4,3	3,5	3,5
2024-09-23	4,5	3,5	4,0
2024-09-24	4,3	3,6	3,5
2024-09-25	4,5	3,5	3,5
2024-09-26	4,8	3,5	3,5
2024-09-27	4,3	3,6	3,5
2024-09-30	4,3	3,6	3,5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo F

Registros de los controles de las temperaturas de los equipos isotérmicos del laboratorio de microbiología del mes de octubre

Tabla F1

Registro del control de la temperatura de la incubadora 221

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Incubadora 221	OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-10-01	34,6	35,2	34,9
2024-10-02	34,7	35,2	34,9
2024-10-03	34,6	35,1	34,9
2024-10-04	34,7	35,2	34,9
2024-10-07	34,7	35,2	34,9
2024-10-08	34,6	35,2	34,8
2024-10-09	34,7	35,1	34,9
2024-10-10	34,7	35,1	35,1
2024-10-11	34,8	35,1	34,9
2024-10-15	34,7	35,1	34,9
2024-10-16	34,9	35,1	34,9
2024-10-17	34,8	35,2	35,0
2024-10-18	34,8	35,1	34,9
2024-10-21	34,8	35,0	34,9
2024-10-22	34,8	35,2	34,9
2024-10-23	34,8	35,2	34,9
2024-10-24	34,8	35,1	34,9
2024-10-25	34,8	35,0	35,2
2024-10-28	34,6	35,1	34,9
2024-10-29	34,6	35,1	34,8
2024-10-30	34,7	35,1	34,9
2024-10-31	34,7	35,2	35,0

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla F2

Registro del control de la temperatura de la incubadora 390

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Incubadora 390	OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-10-01	44,4	44,5	44,5
2024-10-02	44,4	44,5	44,6
2024-10-03	44,4	44,5	44,6
2024-10-04	44,3	44,5	44,6
2024-10-07	44,3	44,4	44,6
2024-10-08	44,3	44,5	44,6
2024-10-09	44,3	44,5	44,6
2024-10-10	44,4	44,5	44,6
2024-10-11	44,3	44,5	44,6
2024-10-15	44,4	44,5	44,6
2024-10-16	44,4	44,5	44,6
2024-10-17	44,4	44,5	44,6
2024-10-18	44,4	44,5	44,6
2024-10-21	44,4	44,5	44,6
2024-10-22	44,4	44,5	44,6
2024-10-23	44,3	44,5	44,6
2024-10-24	44,3	44,5	44,6
2024-10-25	44,3	44,5	44,6
2024-10-28	44,3	44,5	44,6
2024-10-29	44,4	44,5	44,6
2024-10-30	44,4	44,5	44,6
2024-10-31	44,3	44,5	44,6

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla F3

Registro del control de la temperatura de nevera de medios

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Nevera de medios	OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-10-01	3,1	3,6	3,3
2024-10-02	3,1	3,6	3,3
2024-10-03	3,1	3,5	3,3
2024-10-04	3,0	3,5	3,2
2024-10-07	3,1	3,5	3,2
2024-10-08	3,2	3,6	3,2
2024-10-09	3,2	3,5	3,2
2024-10-10	3,1	3,8	3,3
2024-10-11	3,2	3,6	3,3
2024-10-15	3,1	3,6	3,3
2024-10-16	3,1	3,6	3,2
2024-10-17	3,3	3,6	3,2
2024-10-18	3,4	3,6	3,2
2024-10-21	3,2	3,6	3,3
2024-10-22	3,1	3,6	3,3
2024-10-23	3,2	3,7	3,3
2024-10-24	3,2	3,8	3,3
2024-10-25	3,1	3,8	3,2
2024-10-28	3,2	3,6	3,2
2024-10-29	3,1	3,6	3,2
2024-10-30	3,2	3,6	3,3
2024-10-31	3,1	3,6	3,3

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla F4

Registro del control de la temperatura del congelador del cepario

TEMPERATURA DE EQUIPOS			
Congelador de cepario	OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-10-01	-19,7	-19,2	-19,6
2024-10-02	-19,5	-18,9	-19,5
2024-10-03	-19,8	-19,2	-19,8
2024-10-04	-19,5	-18,8	-19,3
2024-10-07	-19,8	-19,2	-19,6
2024-10-08	-19,6	-18,7	-19,6
2024-10-09	-19,3	-19,1	-19,3
2024-10-10	-19,4	-18,8	-19,4
2024-10-11	-19,7	-18,8	-20,0
2024-10-15	-19,5	-18,8	-19,9
2024-10-16	-19,5	-18,8	-19,8
2024-10-17	-19,5	-18,7	-19,8
2024-10-18	-19,5	-18,7	-19,8
2024-10-21	-19,5	-19,1	-20,0
2024-10-22	-19,7	-18,8	-19,6
2024-10-23	-19,6	-18,7	-19,4
2024-10-24	-19,5	-18,8	-19,8
2024-10-25	-19,5	-18,8	-19,8
2024-10-28	-19,6	-19,1	-19,6
2024-10-29	-19,5	-18,9	-19,4
2024-10-30	-19,5	-18,8	-19,8
2024-10-31	-19,5	-18,8	-19,6

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla F5

Registro del control de la temperatura de nevera de muestras

Nevera de muestras	OCTUBRE		
	Mañana (°C)	Medio día (°C)	Tarde (°C)
2024-10-01	3,6	3,9	3,6
2024-10-02	3,5	3,8	3,7
2024-10-03	3,5	3,9	3,7
2024-10-04	3,5	3,8	3,7
2024-10-07	3,6	4,0	3,6
2024-10-08	3,4	3,9	3,7
2024-10-09	3,5	4,0	3,7
2024-10-10	3,5	3,9	3,7
2024-10-11	3,4	3,9	3,6
2024-10-15	3,5	4,0	3,6
2024-10-16	3,6	3,9	3,6
2024-10-17	3,6	3,9	3,6
2024-10-18	3,5	3,9	3,6
2024-10-21	3,5	4,0	3,6
2024-10-22	3,5	3,9	3,6
2024-10-23	3,5	4,0	3,7
2024-10-24	3,6	3,9	3,7
2024-10-25	3,6	3,9	3,6
2024-10-28	3,4	4,0	3,6
2024-10-29	3,5	3,9	3,7
2024-10-30	3,5	4,0	3,6
2024-10-31	3,4	3,9	3,7

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo G

Registros de los controles de monitoreo diarios de la calidad del aire del mes de agosto

Tabla G1

Registro del control de la calidad del aire del área del mesón de siembra

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Mesón **de siembra**		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-08-01	2	≤5
2024-08-02	2	≤5
2024-08-05	2	≤5
2024-08-06	2	≤5
2024-08-07	2	≤5
2024-08-08	2	≤5
2024-08-09	2	≤5
2024-08-12	3	≤5
2024-08-13	2	≤5
2024-08-14	1	≤5
2024-08-15	2	≤5
2024-08-16	2	≤5
2024-08-20	2	≤5
2024-08-21	1	≤5
2024-08-22	2	≤5
2024-08-23	1	≤5
2024-08-26	1	≤5
2024-08-27	2	≤5
2024-08-28	1	≤5
2024-08-29	2	≤5
2024-08-30	1	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla G2

Registro del control de la calidad del aire de la cabina de flujo laminar

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Cabina de flujo laminar		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-08-01	1	≤5
2024-08-02	1	≤5
2024-08-05	2	≤5
2024-08-06	2	≤5
2024-08-07	2	≤5
2024-08-08	2	≤5
2024-08-09	1	≤5
2024-08-12	1	≤5
2024-08-13	2	≤5
2024-08-14	1	≤5
2024-08-15	2	≤5
2024-08-16	0	≤5
2024-08-20	0	≤5
2024-08-21	0	≤5
2024-08-22	1	≤5
2024-08-23	0	≤5
2024-08-26	1	≤5
2024-08-27	2	≤5
2024-08-28	1	≤5
2024-08-29	2	≤5
2024-08-30	1	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo H

Registros de los controles de monitoreo diarios de la calidad del aire del mes de septiembre

Tabla H1

Registro del control de la calidad del aire del área del mesón de siembra

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Mesón **de siembra**		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-09-02	2	≤5
2024-09-03	1	≤5
2024-09-04	2	≤5
2024-09-05	2	≤5
2024-09-06	2	≤5
2024-09-09	3	≤5
2024-09-10	2	≤5
2024-09-11	2	≤5
2024-09-12	2	≤5
2024-09-13	1	≤5
2024-09-16	1	≤5
2024-09-17	2	≤5
2024-09-18	2	≤5
2024-09-19	1	≤5
2024-09-20	1	≤5
2024-09-23	2	≤5
2024-09-24	1	≤5
2024-09-25	2	≤5
2024-09-26	1	≤5
2024-09-27	2	≤5
2024-09-30	1	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla H2

Registro del control de la calidad del aire de la cabina de flujo laminar

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Cabina de flujo laminar		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-09-02	1	≤5
2024-09-03	1	≤5
2024-09-04	2	≤5
2024-09-05	1	≤5
2024-09-06	1	≤5
2024-09-09	2	≤5
2024-09-10	1	≤5
2024-09-11	1	≤5
2024-09-12	2	≤5
2024-09-13	1	≤5
2024-09-16	2	≤5
2024-09-17	0	≤5
2024-09-18	0	≤5
2024-09-19	0	≤5
2024-09-20	1	≤5
2024-09-23	1	≤5
2024-09-24	1	≤5
2024-09-25	0	≤5
2024-09-26	1	≤5
2024-09-27	1	≤5
2024-09-30	0	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo I

Registros de los controles de monitoreo diarios de la calidad del aire del mes de octubre

Tabla I1

Registro del control de la calidad del aire del área del mesón de siembra

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Mesón **de siembra**		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-10-01	1	≤5
2024-10-02	1	≤5
2024-10-03	1	≤5
2024-10-04	1	≤5
2024-10-07	2	≤5
2024-10-08	2	≤5
2024-10-09	2	≤5
2024-10-10	3	≤5
2024-10-11	3	≤5
2024-10-15	2	≤5
2024-10-16	1	≤5
2024-10-17	0	≤5
2024-10-18	0	≤5
2024-10-20	4	≤5
2024-10-21	3	≤5
2024-10-22	2	≤5
2024-10-23	1	≤5
2024-10-24	2	≤5
2024-10-25	3	≤5
2024-10-28	2	≤5
2024-10-29	2	≤5
2024-10-30	**1**	≤5
2024-10-31	3	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Tabla I2

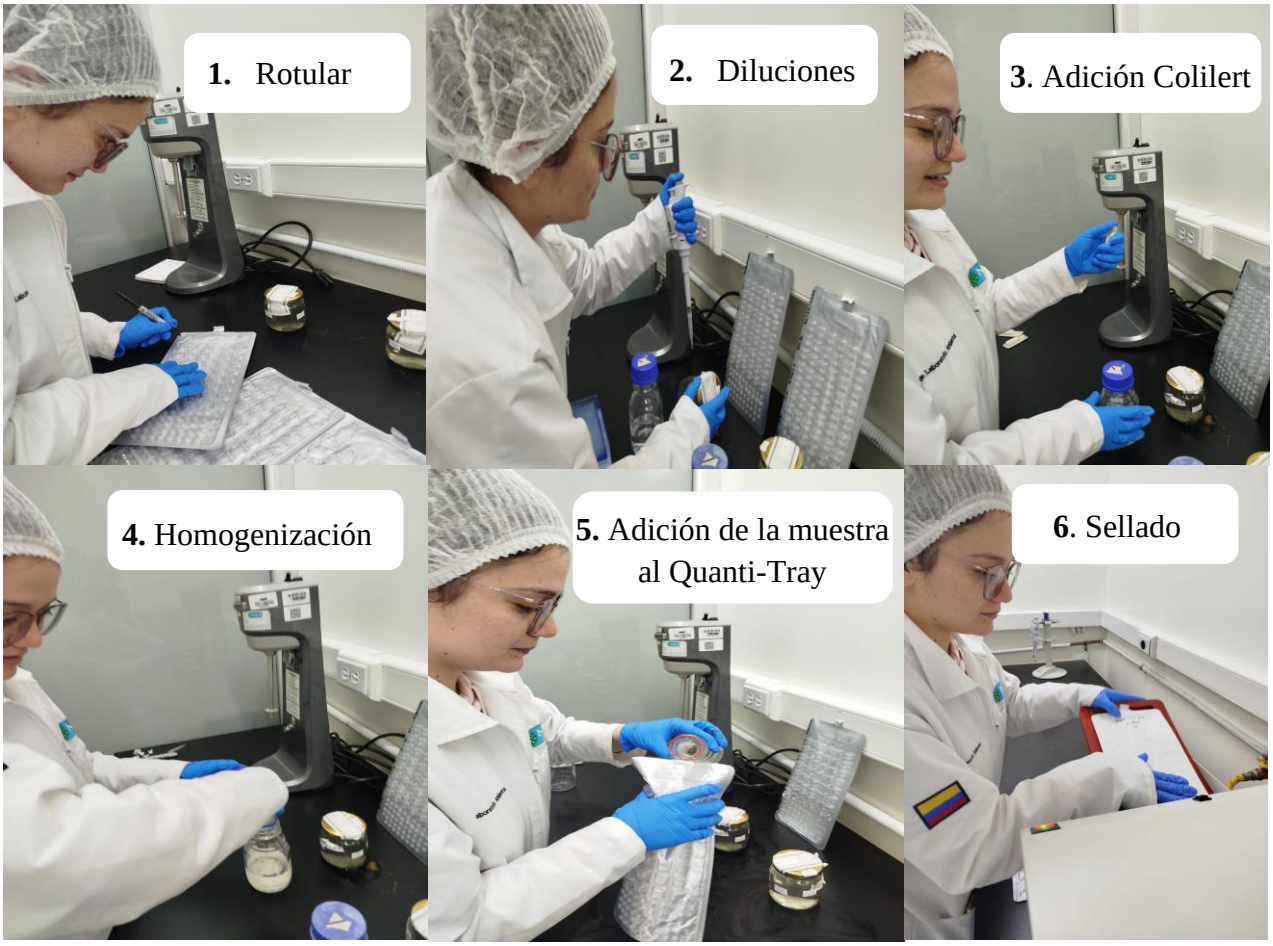
Registro del control de la calidad de la cabina de flujo laminar

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		
Cabina de flujo laminar		
Fecha de siembra (A-M-D)	**Recuento de mesófilos aerobios UFC/15 min**	**Límite de Aceptación**
2024-10-01	1	≤5
2024-10-02	0	≤5
2024-10-03	2	≤5
2024-10-04	1	≤5
2024-10-07	2	≤5
2024-10-08	1	≤5
2024-10-09	1	≤5
2024-10-10	1	≤5
2024-10-11	1	≤5
2024-10-15	2	≤5
2024-10-16	1	≤5
2024-10-17	0	≤5
2024-10-18	0	≤5
2024-10-20	1	≤5
2024-10-21	2	≤5
2024-10-22	3	≤5
2024-10-23	4	≤5
2024-10-24	3	≤5
2024-10-25	2	≤5
2024-10-28	2	≤5
2024-10-29	3	≤5
2024-10-30	1	≤5
2024-10-31	2	≤5

Nota. Fuente: Modificado de Laboratorio de Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2024.

Anexo J

Evidencia fotográfica del procedimiento ejecutado para el análisis de las muestras de agua.



Nota. Se evidencia el paso a paso del procedimiento para el análisis de agua por el método Colilert, Creación propia [Fotos], 2024.