

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de fin de Carrera Titulado:

**“Potencial de condensación de agua de bacterias aisladas en la zona de Intag”**

Realizado por:

**Daniela Nicole Rojas Espinoza**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA**

Quito, 15 de septiembre del 2023

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DANIELA NICOLE ROJAS ESPINOZA, con cédula de identidad #1752904514 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Daniela Nicole Rojas Espinoza

C.I. 1752904514

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Potencial de condensación de agua de bacterias aisladas en la zona de Intag”**

Realizado por:

**DANIELA NICOLE ROJAS ESPINOZA**

**Como Requisito para la Obtención del título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA**

ha sido dirigido por el profesor

**ALBERTO ALEJANDRO AGUIRRE BRAVO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



**FIRMA**

## **LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**JOHANNA MEDRANO**

**KATTY CORAL**

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

## **DEDICATORIA**

Esta tesis es dedicada a: A mi padre que siempre congio en mí y ha sido un gran apoyo en todo este transcurso, también a mi madre que me ha dado la posibilidad de estudiar, a mi hermana que ha sido un gran apoyo emocional, a mi segunda familia Peña Reinos, por siempre estar ahí para mí, maestros y a toda la universidad ya que sin ellos este logro no sería posible.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, amigos, hermana y familiares por su constante apoyo durante mi trayectoria académica. Su amor, aliento y comprensión me han dado la fuerza y la motivación necesaria para superar obstáculos y alcanzar mis metas.

También quiero agradecer a mis profesores, quienes han compartido sus conocimientos y han sido una fuente de inspiración para mí. Su dedicación y guía han sido fundamentales en mi crecimiento personal y académico. Además, quiero agradecer a la Universidad SEK por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios en un ambiente de excelencia académica. La calidad de la educación y el apoyo recibido por parte de la institución han sido fundamentales en mi formación.

En resumen, estoy profundamente agradecido por el apoyo incondicional de mis seres queridos, profesores y la Universidad SEK. Sin ellos, no habría llegado hasta donde estoy hoy.

Muchas gracias a todos.

## ÍNDICE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS .....	1
<b>DECLARACIÓN JURAMENTADA .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>VI</b>
Imagen 2: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución mínima de .....	X
<b>RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2. HIPÓTESIS.....</b>	<b>9</b>
Un sistema de condensación de agua que contiene bacterias permite generar mayor condensación de agua que un tratamiento control que no contiene bacterias.....	9
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
3.1 Objetivo General .....	9
Determinar la efectividad en la condensación de agua de un sistema experimental que incluye bacterias ambientales previamente aisladas en la parroquia de Peñaherrera, situada en la Zona de Intag, dentro de la provincia de Imbabura. ....	9
3.2 Objetivos Específicos .....	9
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
4.1 Sitio de estudio .....	9
4.1.1 Recolección de muestras de la neblina.....	10
Se tomaron muestras de neblina en una calle secundaria de la parroquia de Peñaherrera - Imbabura desde el 2 de noviembre de 2022 hasta el 6 de noviembre de 2022. Este proceso se llevó a cabo mediante trampas de algodón, las cuales permanecieron en su lugar durante casi cuatro días. El algodón se mantuvo ligeramente húmedo para optimizar la captura de bacterias.....	10
Después de este período de cuatro días, las muestras se recolectaron y se transportaron en bolsas Zicploc al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional SEK. En dicho laboratorio, las muestras se refrigeraron a una temperatura de 4 a 5 °C. ....	10
4.1.2 Proceso de trabajo .....	10
4.1.2.1 Etapa 1. Aislamiento de bacterias de la Parroquia de Peñaherrera Preparación de medios de cultivo.....	10

Tabla 1. Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas. (Nutrición microbiana, 2018) .....	11
<b>Tabla 2.</b> Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas (Amonio). .....	12
<b>Tabla 3.</b> Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas (Amonio). .....	13
4.1.2.2 Etapa 2. Establecimiento de sistemas de condensación .....	14
Imagen 1: Diagrama de Sistema de condensación: 1 bomba de recirculación de agua, 2 bomba de aire, 3 plancha de agitación, 4 matraz kitasato, 5 codo de vidrio, 6 soporte, 7 condensador en serpentín, 8 embudo, 9 probeta, 10 envase de recirculación de agua, 11 manguera que conecta a la bomba de recirculación al condensador, 12 manguera que conecta al matraz kitasato con la bomba de aire, 14 manguera que conecta al condensador con el recipiente de recirculación. (Rojas, 2023) .....	16
<b>Imagen 2:</b> Sistema de condensación establecido: sistema en escala real. (Rojas, Sistema de condensación establecido, 2023) .....	16
4.1.2.3 Etapa 3. Establecimiento de sistemas de condensación .....	16
4.1.2.3.1 Control de agua fría.....	16
4.1.2.3.2 Control de agua Ambiente .....	17
- Condiciones de operación del sistema de condensación: .....	17
- La temperatura del que corre por el condensador es de 18 a 22°C. ....	17
- pH de 7. ....	17
- Flujo de aire 2 L/min. ....	17
- Tiempo de funcionamiento: 24h.....	17
En el caso de T1 y C1, se llevó a cabo una reducción de temperatura desde 10°C hasta 5°C, mientras que en T2 y C2 se mantuvo la temperatura ambiente, oscilando entre 18°C y 22°C.....	17
<b>5. RESULTADOS</b> .....	17
5.1 Identificación de bacterias ambientales.....	17
5.1.1 Identificación inicial .....	17
Imagen 3: Observación de bacterias presentes en el entorno durante el primer cultivo con algodón: (a) Bacterias ambientales observadas a 40x bajo el microscopio, (b) Bacterias ambientales observadas a 100x bajo el microscopio (utilizando aceite de inmersión). (Rojas, 2023) .....	18
5.1.2 Tinción Gram.....	18
5.2 Identificación de bacterias ambientales.....	19
5.2.1 Conteo Bacteriano .....	19
Tabla 4. Concentración de bacterias en agua autoclavada y el agua resultante del sistema de condensación del control 1 y 2. (Rojas, 2023).....	20

5.2.2	Evaluación de la eficacia del Sistema Experimental de Condensación.....	21
Tabla 6	.....	22
<b>Imagen 5:</b>	Volumen de agua resultante del sistema de condensación después de 24 horas a temperatura ambiente y fría; en la imagen (a), se representa la variación del volumen de agua resultante en mililitros entre C1 y T1 (temperatura fría) después de que el sistema haya funcionado durante 24 horas, cada uno con su respectiva desviación estándar. La barra amarilla representa el tratamiento 1 (T1) y la barra verde representa el control 1 (C1). En la imagen (b), se muestra la variación del volumen en ml de líquido resultante del sistema entre C2 y T2 (temperatura ambiente) después de que el sistema haya funcionado durante el tiempo establecido (24 horas), cada uno con su respectiva desviación estándar. La barra amarilla representa el tratamiento 2 (T2) y la barra verde representa el control 2 (C2). (Rojas, 2023)	23
<b>6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	.....	23
6.1	Conteo bacteriano.....	23
6.2	Eficiencia del sistema experimental de condensación .....	24
<b>7. CONCLUSIONES</b>	.....	26
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	.....	27
-	Es importante no usar una cantidad excesiva de algodón en los medios, ya que esto podría aumentar el riesgo de contaminación. En general, se debe asegurar que todos los componentes sean inocuos para prevenir posibles contaminaciones.....	28
-	Por otra parte, es importante destacar que la temperatura empleada en el medio de cultivo ejerce una fuerte influencia sobre las bacterias utilizadas en el condensador. Por lo tanto, se recomienda examinar cómo la temperatura del medio impacta en las bacterias y su concentración, evaluar su efecto en la producción de agua condensada. ....	28
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	28
<b>10. ANEXOS</b>	.....	35
ANEXO A.....	.....	35
<b>Imagen 6:</b>	Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas. (Rojas, 2023).....	35
ANEXO B.....	.....	36
<b>Imagen 7:</b>	Formación de núcleos de condensación. (Rojas, 2023).....	36
ANEXO C.....	.....	37
.....	.....	37
<b>Imagen 8.</b>	Visualización microscópica con tinción Gram, lente 100x. (Rojas, 2023).....	37
ANEXO D.....	.....	38
.....	.....	38
Tabla 9.	Volumen de Agua resultante de T1 y T2. (Rojas, 2023).....	38

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cálculos para la elaboración del medio de cultivo. ....	9
Tabla 2. Tasas de dilución utilizadas en el quimiostato.....	12
Tabla 3. Dosis usadas del antibiótico, medio de cultivo e inóculo en la prueba de tubos de ensayo para la detección de comunidades bacterianas no susceptibles a antibióticos.....	13
Tabla 4. Rangos de susceptibilidad y resistencia bacteriana al antibiótico. ....	14
Tabla 5. Componentes del Mastermix para PCR.....	17
Tabla 6. Condiciones de Ciclado. ....	18
Tabla 7. Tabla resumen de los resultados del índice de susceptibilidad de comunidades bacterianas a antibióticos. ....	25
Tabla 8. Cálculo de la razón de la tasa de dilución mínima (0,075).....	42
Tabla 9. Cálculo de la razón de la tasa de dilución media (0,4) .....	43
Tabla 10. Cálculo de la razón de la tasa de dilución alta (0,6.....	44
Tabla 11. Identificación bacteriana de la región v3-v4 por medio del MINION DE OXFORD NANOPORE TECHNOLOGIES .....	51
Tabla 12. Identificación bacteriana de la región V4-V5 por medio del secuenciador MINION DE OXFORD NANOPORE TECHNOLOGIES .....	52
Tabla 13. Bacterias con mayor porcentaje de abundancia de la región V3-V4.....	53
Tabla 14. Bacterias con mayor porcentaje de abundancia de la región V4-V5.....	54

## Índice de Imágenes

Imagen 1: Montaje y operación del nuevo sistema tecnológico compuesto por un quimiostato simple de una etapa con un sistema de detección de susceptibilidad a antibióticos y análisis molecular.....	11
Imagen 2: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución mínima de $(0,075 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	20
Imagen 3: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución mínima de $(0,075 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	21
Imagen 4: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución media de $(0,4 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Imagen 5: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución media de $(0,4 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	23
Imagen 6: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución máxima de $(0,6 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	24
Imagen 7: Interpretación del índice susceptibilidad bacteriana a antibióticos en una tasa de dilución máxima de $(0,6 \text{ h}^{-1})$ . Las barras representan promedios de dos replicas independientes. Además, se encuentra representada la desviación estándar.....	25

Imagen 8: Identificación bacteriana de la región V3-V4, obtenida del programa de Nanopore Technologies con una abundancia de 1X, una cobertura de 95% y una identidad del 95%. Los porcentajes obtenidos en cada género bacteriano corresponde a los porcentajes de la abundancia relativa. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Imagen 9: Identificación bacteriana de la región V4-V5, obtenida del programa de nanopore technologies con una abundancia de 1X, una cobertura de 95% y una identidad del 95%. Los porcentajes obtenidos en cada género bacteriano corresponde a los porcentajes de la abundancia relativa. ....	29
Imagen 10: Montaje y Corrida del sistema tecnológico basado en un quimiostato simple. ....	40
Imagen 11: Proceso de extracción de ADN. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Imagen 12: Muestras colocadas en el termociclador .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Imagen 13: Preparación de bibliotecas. ....	47
Imagen 14: Corrida de gel de electroforesis al 1.5%, de la región V3-V4. ....	48
Imagen 15: Corrida de gel de electroforesis al 1.5%, de la región V4-V5. ....	49
Imagen 16: Proceso de secuenciación de comunidades bacterianas en el equipo MINION DE OXFORD TECHNOLOGIES. ....	50

## **Índice de Anexos**

Anexo A: Montaje y corrida del sistema tecnológico basado en un quimiostato simple ....	42
Anexo B: Cálculo de la razón de la tasa de dilución mínima (0,0075) .....	43
Anexo C: Cálculo de la razón de la tasa de dilución media (0,4) .....	44
Anexo D :Cálculo de la razón de la tasa de dilución Máxima (0,6) .....	45
Anexo E: Proceso de extracción de ADN. ....	46
Anexo F: Muestras colocadas en el termociclador . ....	47

Anexo G: Preparación de Biblioteca .....	48
Anexo H: Corrida del gel de electroforesis al 1.5% de la región V3-V4 .....	49
Anexo I: Corrida del gel de electroforesis al 1.5% de la región V4-V5.....	50
Anexo J: Proceso de secuenciación de comunidades bacterianas en el equipo MINION DE OXFORD TECHNOLOGIES .....	51
Anexo K: Identificación bacteriana de la región V3-V4 por medio MINION DE OXFORD NANOPORE TECHNOLOGIES. ....	52
Anexo L: Identificación bacteriana de la región V4-V5 por medio MINION DE OXFORD NANOPORE TECHNOLOGIES .....	53
Anexo M: Bacterias con mayor porcentaje de abundancia de la región V3-V4.....	54
Anexo N: Bacterias con mayor porcentaje de abundancia de la región V4-V5. ....	55

Para someter a:

To be submitted:

Daniela Rojas, Alberto Aguirre<sup>1</sup>.

**“Potencial de condensación de agua de bacterias aisladas en la zona de Intag”**

1 Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas (FICA),

Quito, Ecuador.

2023/08/01

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Dr. Alberto Alejandro Aguirre Bravo,

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas (FICA),

Quito, Ecuador.

Teléfono: +593-963091192; email: [alberto.aguirre@uisek.edu.ec](mailto:alberto.aguirre@uisek.edu.ec)

Título corto o Running title: **“Potencial de condensación de agua de bacterias aisladas en la zona de Intag”**

## RESUMEN

Esta tesis se realizó en base a la problemática que ha surgido en las últimas cinco décadas de la escasez de agua, causada por varias razones. Las principales son: el incremento de la población, la producción ganadera y la agricultura, siendo esta última la más problemática ya que utiliza un gran porcentaje de agua (90%). El objetivo de esta investigación es ayudar a generar una nueva fuente de obtención de agua, para lo cual se ha diseñado un sistema de condensación experimental. Este sistema consiste en realizar medios de cultivo para bacterias ambientales, las mismas que actúan como núcleos de condensación. Los medios de cultivo estuvieron conectados a condensadores en diferentes condiciones ambientales, lo que provocó la formación de gotas de agua cada vez más grandes. El sistema se dejó en funcionamiento durante 24 horas. El agua resultante de este proceso se analizó bajo el microscopio para cuantificar las bacterias en la cámara de Neubauer y se realizó una tinción de Gram para caracterizar las bacterias, las cuales en este caso son bacterias Gram positivas y cocos debido a su forma redonda. A pesar de ser un sistema experimental a pequeña escala, los resultados de esta condensación fueron bastante satisfactorios. Al realizar una comparación con los controles que solo contenían agua autoclavada, se obtuvo un resultado de agua condensada en los siguientes volúmenes: C1 = 2,325 ml y C2 = 0,585 ml, mientras que los tratamientos arrojaron los siguientes volúmenes: T1 = 8,8 ml y T2 = 4,75 ml. Esto indica que se obtuvieron resultados satisfactorios en los tratamientos.

**Palabras Clave:** condensación; núcleos de condensación; bacterias.

## **ABSTRACT**

This thesis is based on the problems that have arisen in the last five decades due to water scarcity, caused by several reasons. The main ones are the increase in population, livestock and agriculture, the latter being the most problematic since it uses a large percentage of water (90%). The objective of this thesis was to help generate a new source of water, for which an experimental condensation system has been designed. This system consisted of making culture media for environmental bacteria, which acted as condensation nuclei. The culture media were connected to condensers at different environmental conditions, which caused the formation of increasingly larger water droplets. The system was left in operation for 24 hours. The water resulting from this process was analyzed under the microscope to quantify the bacteria in the Neubauer chamber and a Gram stain was performed to characterize the bacteria, which in this case are Gram-positive bacteria and cocci due to their round shape. Despite being a small-scale experimental system, the results of this condensation were quite satisfactory. When compared with the controls that only contained autoclaved water, the condensed water volumes were as follows: C1 = 2.325 ml and C2 = 0.585 ml, while the treatments yielded the following volumes: T1 = 8.8 ml and T2 = 4.75 ml. This indicates that satisfactory results were obtained in the treatments.

**Keywords:** condensation; condensation nuclei; bacteria.

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación surge a raíz de la problemática de la escasez de agua para cultivos agrícolas, uso humano y animal. Desde aproximadamente el siglo pasado (XX), el uso excesivo, incorrecto y sin regulaciones del agua ha llegado a un punto en el que en diversas poblaciones a nivel mundial se ha visto afectado el suministro de agua potable. (FAO, 2013.). Sin embargo, la problemática más evidente se dio a mediados de los noventa, cuando alrededor de 80 países, que representaban aproximadamente el 40 por ciento de la población mundial, sufrían escasez de agua. (GEO-3, 2022)

Tanto la presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, el desarrollo industrial, la contaminación y los cambios climáticos son las principales causas de que este recurso renovable pero no infinito escasee, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. Uno de los sectores económicos más afectados es la agricultura, ya que actualmente es responsable del 70% de la extracción de agua dulce y más del 90% de su consumo. (Avilés L, 2014)

Esta parte de la economía junto con el crecimiento poblacional y alteración en la dieta, ha aumentado el consumo de alimentos en varias regiones a nivel mundial. Se estima que para dentro de 50 años se producirá 1 billón de toneladas de cereal y más de 200 millones de toneladas de carne al año para el abastecimiento de la creciente población. (Avilés L, 2014)

Ecuador cuenta con un volumen total de recursos hídricos cercano a los 375 km<sup>3</sup>. Hace 10 años, el consumo de agua en Ecuador fue de 15.80 km<sup>3</sup>, dividido en 1.48 km<sup>3</sup> para consumo doméstico (9.4%); 13.05 km<sup>3</sup> para consumo agrícola (82.6%); y 1.27 km<sup>3</sup> para uso industrial (8%). Es importante tener en cuenta que, del volumen destinado para riego, aproximadamente

el 25% se pierde debido a fugas en diversas obras de infraestructura hidráulica que conforman estos sistemas. (Muñoz, 2019)

En una comparación general a nivel global, las extracciones de agua para uso doméstico representan aproximadamente el 10% de todos los usos, lo que indica que su tasa de consumo es relativamente baja en comparación con el uso agrícola. Sin embargo, el uso agrícola puede tener impactos negativos aguas abajo (donde terminan o se dirigen las aguas residuales de la agricultura), ya que la producción de biomasa (siembra de plantas) requiere grandes cantidades de agua que se eliminan a través de la transpiración (pérdida de agua desde los órganos aéreos de las plantas), lo que genera una pérdida local de agua y limita su disponibilidad. (Avilés L, 2014)

Hoy en día han aparecido muchas tecnologías que ayudan a la precipitación de agua en este caso se va a hablar de dos tecnologías, la primera es la estimulación artificial, la cual nos habla de diversos métodos para la generación de lluvias en forma artificial el mismo que se da partir la aspiración del hombre de tener la facultad de aumentar los niveles de precipitación dominar las condiciones climatológicas. (Elizondo, 2013)

Uno de los métodos más característicos y empleados es el sembrado de nube, que radica en la inyección desde tierra o aérea (por aviones) de varias sustancias como: hielo seco, yoduro de plata, sal pulverizada (cualquier tipo de sales higroscópicas) o spray con lo que se pretende estimular la unión de pequeñas partículas de agua resultantes de la condensación del vapor de agua en las capas más altas de la atmósfera, esto con la finalidad de alcanzar su precipitación al aumentar su peso. (Elizondo , 2013)

El otro método aprovechado para estimular las lluvias artificiales es la llamada “electrificación local de la atmósfera”, realizado por el científico soviético y profesor José Ugalde Pérez, el mismo que trata de alterar y acondicionar la atmósfera para la generación de lluvias, con el principio de incrustaciones (inyección de polvo y partículas en nubes que ayuden a la generación de núcleos de condensación) en forma frenada y consecutiva para incitar la condensación del vapor de agua y así poder generar nubes y por consiguiente generar gotas de lluvia. En el año 1996 se trató de efectuar este método en Puerto Libertad consiguiendo resultados no tan satisfactorios, se debe tomar en cuenta que es un método experimental por lo que no se puede garantizar resultados asertivos. (Elizondo , 2013)

Un conjunto de investigadores de múltiples universidades ha encontrado evidencia que señala que las bacterias que inducen la formación de lluvia se hallan esparcidas de manera equitativa en la atmósfera. Este descubrimiento posee un papel significativo en el ciclo de las precipitaciones, teniendo repercusiones en el clima, la productividad agrícola e inclusive en el fenómeno del cambio climático global. (NeoFronteras, 2016)

Antes de que una nube pueda generar lluvia, es necesario que se formen partículas de hielo o gotas de agua en primer lugar. Para lograr esto, se requiere la existencia de aerosoles, es decir, minúsculas partículas suspendidas que actúan como núcleos de condensación. Estos aerosoles pueden tener un origen mineral, como las partículas de polvo, o ser de naturaleza biológica. Hasta hace poco, el papel crucial desempeñado por estos últimos no era completamente comprendido. (NeoFronteras, 2016)

Estos investigadores analizan las lluvias en múltiples ocasiones alrededor del mundo, evidenciando que la mayoría de los núcleos responsables de la condensación del hielo tienen

su origen en elementos orgánicos. Para que el agua, en forma de líquido o nieve, caiga al suelo, es esencial que haya núcleos de condensación en los cuales las moléculas de vapor de agua pueden agruparse. A altitudes elevadas, las bajas temperaturas con frecuencia inducen la formación de partículas de hielo. Aunque las partículas de polvo pueden servir como núcleos de condensación, estos expertos han demostrado que los núcleos derivados de fuentes biológicas funcionan de manera más eficaz y tienen la capacidad de convertir agua en hielo incluso a temperaturas más moderadas. (NeoFronteras, 2016)

Hace 25 años, David Sands de la Universidad Estatal de Montana utilizó el término "bioprecipitación" para describir un proceso que recientemente ha comenzado a ser considerado seriamente. Básicamente, esta idea implica que las bacterias se agrupan en pequeñas colonias en la superficie de las plantas. El viento las arrastra de allí y las eleva hacia la atmósfera. Una vez allí, estas bacterias actúan como núcleos de condensación para la formación de hielo. A medida que se forman estos núcleos, los cristales de hielo comienzan a crecer, aumentando de tamaño hasta que se transforman en gotas de lluvia o copos de nieve que eventualmente caen al suelo. (NeoFronteras, 2016)

Este proceso permite que las bacterias regresen al suelo a través de la precipitación. Si algunas de estas bacterias caen sobre las plantas, tienen la oportunidad de multiplicarse y formar nuevos grupos, lo que da lugar a un ciclo repetitivo. En resumen, el término "bioprecipitación" se refiere a este proceso mediante el cual las bacterias desempeñan un papel esencial en la formación de precipitaciones y en la continuación de su ciclo de vida. (NeoFronteras, 2016)

El proceso, por ende, tiene una naturaleza orgánica, derivando de las proteínas presentes en las membranas celulares y no simplemente de causas físicas. En otras palabras, parece haber sido intencionadamente desarrollado por la naturaleza, y posiblemente representa la manera en que estos microorganismos evitan quedar atrapados en la selección atmosférica, permitiéndoles regresar al suelo. (NeoFronteras, 2016)

El mecanismo subyacente radica en que las proteínas de las membranas celulares de estas bacterias logran anclar o unir las moléculas de agua en su superficie de acuerdo con un patrón que se asemeja a la estructura cristalina del copo de nieve. (NeoFronteras, 2016)

Hasta la actualidad no se han generado trabajos de investigación que utilicen bacterias dentro de sistemas de condensación de agua. Por esta razón, en este estudio se intentó implementar un sistema de condensación de agua utilizando bacterias como núcleos de condensación.

## **2. HIPÓTESIS**

Un sistema de condensación de agua que contiene bacterias permite generar mayor condensación de agua que un tratamiento control que no contiene bacterias

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo General**

Determinar la efectividad en la condensación de agua de un sistema experimental que incluye bacterias ambientales previamente aisladas en la parroquia de Peñaherrera, situada en la Zona de Intag, dentro de la provincia de Imbabura.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Aislar bacterias y microorganismos de la neblina en la parroquia de Peñaherrera, situada en la región de Intag en la provincia de Imbabura.
- Establecer un sistema de condensación de agua que incluya las bacterias aisladas.
- Cuantificar el volumen de agua condensada en el sistema experimental

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Sitio de estudio**

La parroquia de Peñaherrera corresponde a la Zona subtropical de Intag, la misma que se extiende desde las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes hasta el límite de la Provincia de Esmeraldas y Pichincha, se encuentra ubicada en el cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura – Ecuador, situada al noroccidente de la capital, presenta una altitud que

va desde los 1.200 metros (Nangulví) a 3.000 metros. Con un clima cálido húmedo que oscila entre los 20 y 25°C. (Abya-Yala, 2015). Este sector es el lugar donde se realizó la recolección de muestras de la neblina.

#### **4.1.1 Recolección de muestras de la neblina.**

Se tomaron muestras de neblina en una calle secundaria de la parroquia de Peñaherrera - Imbabura desde el 2 de noviembre de 2022 hasta el 6 de noviembre de 2022. Este proceso se llevó a cabo mediante trampas de algodón, las cuales permanecieron en su lugar durante casi cuatro días. El algodón se mantuvo ligeramente húmedo para optimizar la captura de bacterias.

Después de este período de cuatro días, las muestras se recolectaron y se transportaron en bolsas Zicploc al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional SEK. En dicho laboratorio, las muestras se refrigeraron a una temperatura de 4 a 5 °C.

#### **4.1.2 Proceso de trabajo**

Para determinar la generación de agua a partir de bacterias ambientales con el fin de generar agua para los cultivos(agrícolas), se establecieron tres etapas importantes dentro de este proceso y son las siguientes:

##### **4.1.2.1 Etapa 1. Aislamiento de bacterias de la Parroquia de Peñaherrera**

###### **Preparación de medios de cultivo**

- Se realizaron tres medios de cultivo cada uno de 100 ml uno con base a amonio, otro con base de sacarosa, y por último uno con base en azufre elemental como se ve en las tablas

1, 2, 3, se realizó el aislamiento a partir de los algodones que se utilizó para muestrear. El pH de los 3 medios fue de 7.0 antes de autoclavar los medios. (Reynoso, 2018)

- Preparar antes una solución stock o madre que tenga concentrado los compuestos ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , y  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) que serían un problema pesar debido a que las cantidades son muy pequeñas, luego extraer 1 ml de solución stock y poner en los tres medios de cultivo a autoclavar. En la Tabla.1, 2 y 3 se indican los reactivos y cantidades que se utilizó para realizar los medios de cultivos que se utilizaron.

**Tabla 1.** Tabla 1. Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas. (Nutrición microbiana, 2018)

<b>Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas</b>	
<b>Compuestos</b>	<b>Gramos por litro</b>
Sacarosa	10
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	2,5
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	2,5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,2
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,01
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,007
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,02

**Tabla 2.** Medio minimal para aislar bacterias quimiolitotrófas (Amonio).

<b>Medio minimal 1 para aislar bacterias quimiolitótrofes</b>	
<b>Compuesto</b>	<b>Gramos por litro</b>
$K_2HPO_4$	2,5
$KH_2PO_4$	2,5
$(NH_4)_2SO_4$	2,5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,2
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0,01
$MnSO_4 \cdot H_2O$	0,007
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0,02

**Tabla 3.** Medio minimal para aislar bacterias quimiolitotrófas (Amonio).

<b>Medio minimal 2 para aislar bacterias quimiolitótrofás</b>	
<b>Compuesto</b>	<b>Gramos por litro</b>
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2,5
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,2
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,01
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,007
Azufre elemental	1
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,02

-Después de realizar la corrección del pH de los medios, proceder a autoclavarlos y una vez finalizado este proceso, dejar enfriar los medios de cultivo hasta que alcance la temperatura ambiente. En este punto, proceder a inocular los algodones con los medios de cultivo. Al momento de la incubación, retirar el papel aluminio para permitir el desarrollo adecuado de las bacterias.

-Después de la inoculación, incubar los medios de cultivo entre 30-35°C con agitación (entre 150 y 200 rpm) un tiempo de 24 horas.

- A través del microscopio verificar que medio de cultivo fue el que mejor nutrió a las bacterias, en este caso fue el de base en sacarosa, una vez establecido el medio de cultivo.

-Después de las 24 h transcurridas realizar por segunda vez los medios de cultivo he inocular 1ml del medio con algodón en los nuevos medios y dejar 48 h. Tras el tiempo transcurrido extraer 1 ml del medio inoculado (tubos eppendorf). (Pablos, 2021)

-Hacer el conteo bacteriano con la cámara de Neubauer, colocar el cubreobjetos sobre la cámara de Neubauer, con la ayuda de una pipeta extraer 1 ml del medio, poner el líquido entre el cubreobjetos y la cámara hasta que los cuadrantes de la cámara estén cubiertos por el medio, después observar en microscopio (lente 40X) y realizar el conteo bacteriano.

-Identificación de bacterias con tinción Gram (lente 100x). Para esta coloración se necesitó la ayuda de un mechero, se tomó 10  $\mu$ L del medio de cultivo líquido con una micropipeta y se fijó la muestra con la ayuda del fuego. A continuación, se procedió conforme a la técnica de coloración de Gram, colocando unas cuantas gotas de cristal violeta sobre la muestra, se dejó actuar un minuto, una vez terminado ese proceso se lavó y se añadió un par de gotas de lugol, se esperó un minuto y se vierte el exceso. El siguiente paso es decolorar durante 20 segundos con una mezcla de etanol: acetona, se lava con agua y se añadió safranina durante un minuto, se enjuaga con agua y se observó en el microscopio con objetivos de 40x y 100x, para este último se requiere de aceite de inmersión. (Ormaechea, 2021)

#### **4.1.2.2 Etapa 2. Establecimiento de sistemas de condensación**

En la imagen 1 se puede apreciar el prototipo del sistema de condensación experimental, en la imagen 2 ya podemos observar el montaje del sistema para esto se necesitó de lo siguiente:

- Dividir el medio de cultivo en 4 matraces kitasato (salida lateral) de 250ml (partes iguales), después colocarlos en las planchas de agitación a 30°C a 125 rpm, esto con el fin de realizar dos tratamientos a diferentes temperaturas: el primero T1 a temperaturas bajas (4,5 °C); el segundo T2 a temperatura ambiente (20,3°C).

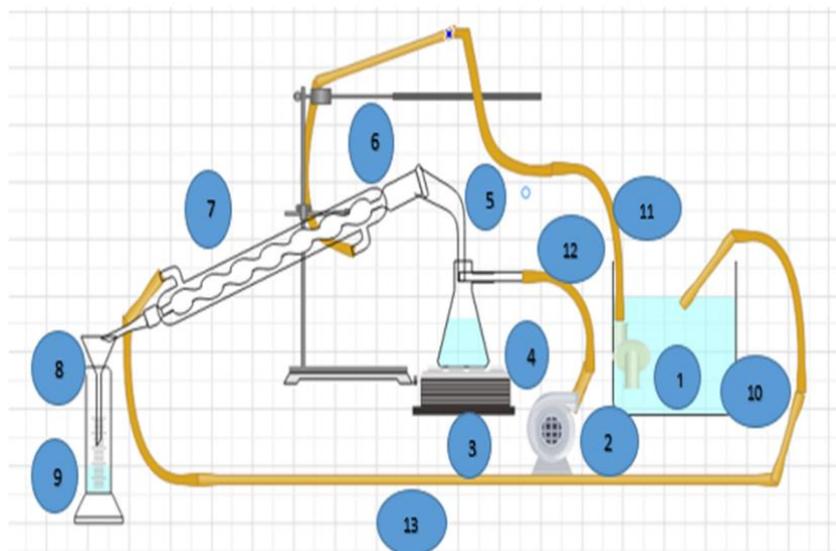
- Con la ayuda de extensiones y codos de vidrio conectar cada matraz kitasato a sus condensadores (4 condensadores) respectivos, los mismos que van a estar sujetos con soportes, para tener una estabilidad.

- Con el apoyo de bombas de pecera y las respectivas mangueras que van conectadas a los condensadores se creó un reflujo de agua para evitar el gasto excesivo de agua.

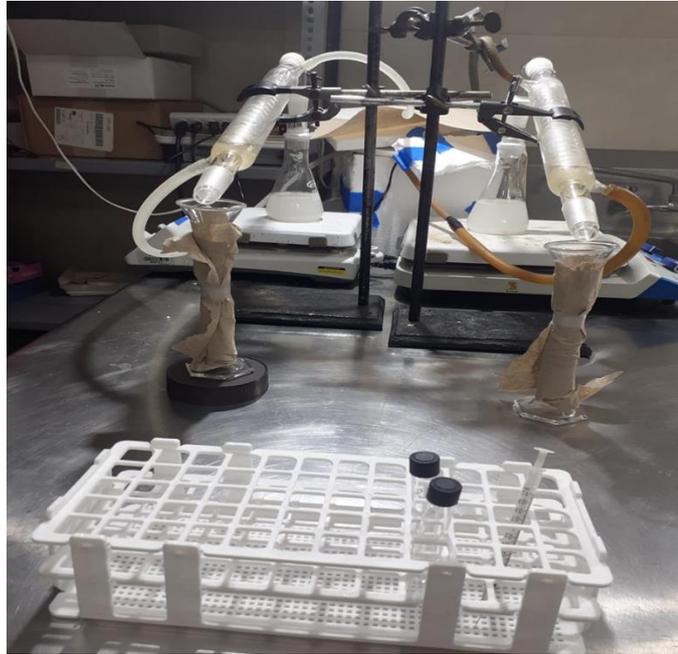
- En los matraces kitasato, en su salida lateral conectar una manguera que esté conectada a una bomba de aire, lo que va a provocar un choque térmico y va a facilitar el condensado.

- Al final del condensador se coloca probetas con embudos cubiertos.

- Por último, dejar el sistema con luz natural o reflectores.



**Imagen 1:** Diagrama de Sistema de condensación: 1 bomba de recirculación de agua, 2 bomba de aire, 3 plancha de agitación, 4 matraz kitasato, 5 codo de vidrio, 6 soporte, 7 condensador en serpentín, 8 embudo, 9 probeta, 10 envase de recirculación de agua, 11 manguera que conecta a la bomba de recirculación al condensador, 12 manguera que conecta al matraz kitasato con la bomba de aire, 14 manguera que conecta al condensador con el recipiente de recirculación. (Rojas, 2023)



**Imagen 2:** Sistema de condensación establecido: sistema en escala real. (Rojas, Sistema de condensación establecido, 2023)

### 4.1.2.3 Etapa 3. Establecimiento de sistemas de condensación

Para realizar los controles se deja correr el sistema experimental de condensación a diferentes temperaturas (temperatura ambiente y fría).

#### 4.1.2.3.1 Control de agua fría

- Condiciones de operación del sistema de condensación:
- La temperatura del agua que corre en el condensador es 5.6 a 11.2°C.
- pH 7.
- Flujo de aire 2 L/min.

- Tiempo de funcionamiento: 24h.

#### **4.1.2.3.2 Control de agua Ambiente**

- Condiciones de operación del sistema de condensación:
- La temperatura del que corre por el condensador es de 18 a 22°C.
- pH de 7.
- Flujo de aire 2 L/min.
- Tiempo de funcionamiento: 24h.

En el caso de T1 y C1, se llevó a cabo una reducción de temperatura desde 10°C hasta 5°C, mientras que en T2 y C2 se mantuvo la temperatura ambiente, oscilando entre 18°C y 22°C.

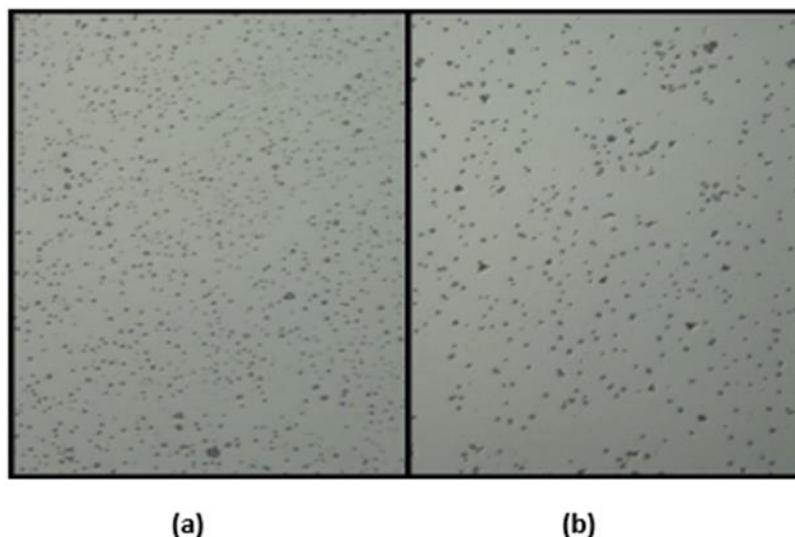
## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Identificación de bacterias ambientales**

#### **5.1.1 Identificación inicial**

Durante el período de muestreo que tuvo lugar desde el 2 de noviembre de 2022 hasta el 6 de noviembre del mismo año, se registraron temperaturas de alrededor de 25°C durante el día y descensos a aproximadamente 5°C durante la noche. Durante este lapso, la zona de muestreo experimentó condiciones de neblina densa y episodios de lluvia. Estas condiciones climáticas favorables facilitaron la tarea de recolectar las muestras,

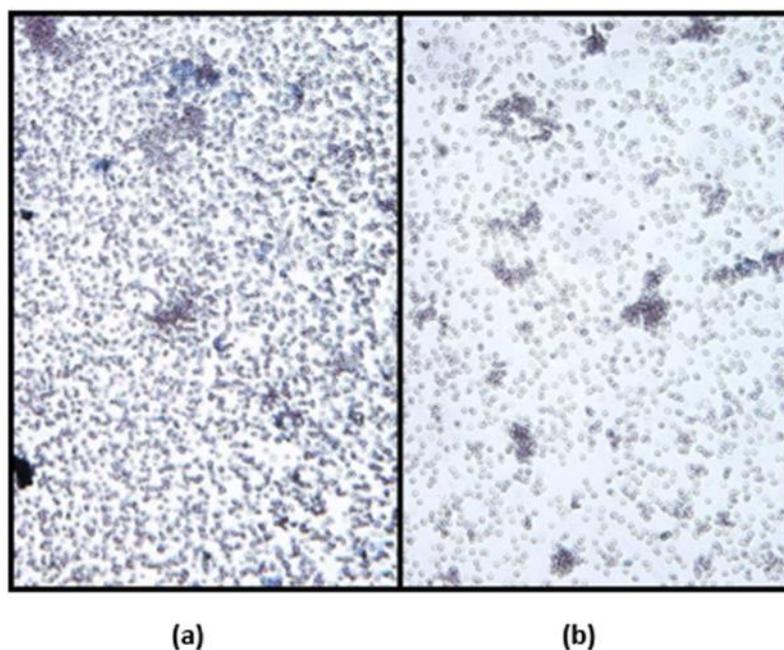
permitiendo observar una alta presencia de microorganismos en la muestra recolectada como podemos apreciar en la Imagen 3.



**Imagen 3:** Observación de bacterias presentes en el entorno durante el primer cultivo con algodón: (a) Bacterias ambientales observadas a 40x bajo el microscopio, (b) Bacterias ambientales observadas a 100x bajo el microscopio (utilizando aceite de inmersión). (Rojas, 2023)

### 5.1.2 Tinción Gram

Para llevar a cabo la identificación de las bacterias, se realizó la técnica de tinción de Gram, la cual es capaz de distinguir entre distintos tipos de bacterias presentes en los medios de cultivo preparados. Como se puede apreciar en la imagen del microscopio que se muestra a continuación en la Imagen 4, las bacterias han adquirido un tinte morado, lo que indica que son bacterias de tipo Gram positivo. Además, su forma redondeada sugiere que se trata de bacterias con una estructura de tipo cocos.



**Imagen 4:** Tinción Gram positiva de bacterias ambientales: (a) observación a 100x bajo el microscopio (utilizando aceite de inmersión), (b) observación a 40x bajo el microscopio, mostrando la visualización de las bacterias con forma de cocos. (Rojas, 2023)

## 5.2 Identificación de bacterias ambientales

### 5.2.1 Conteo Bacteriano

Se realizó una evaluación de la densidad bacteriana en los tratamientos y los controles a diferentes temperaturas: fría (de 9°C a 5°C) y ambiente (de 18°C a 22°C). Estas condiciones se verificaron antes de iniciar el funcionamiento del sistema de condensación. Además, se analizó el agua resultante (después de 24 horas) del sistema para determinar la presencia de bacterias a lo largo de todo el proceso.

Los cálculos para determinar la concentración de bacterias se llevaron a cabo utilizando una cámara de Neubauer, como se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5. En esta tabla, se puede

observar la cantidad de bacterias presentes en los tratamientos (T1 y T2), las cuales superan en número a los microorganismos encontrados en los controles (C1 y C2) antes de ser sometidos al sistema de condensación. Además, se realizó un recuento bacteriano en el agua resultante, que también mostró una mayor concentración de microorganismos en los tratamientos en comparación con los controles. Sin embargo, es importante destacar que en el agua condensada que sale del sistema, la cantidad de bacterias presentes en T1 y T2 es menor que en el medio de cultivo.

**Tabla 4.** Concentración de bacterias en agua autoclavada y el agua resultante del sistema de condensación del control 1 y 2. (Rojas, 2023)

	<b>C1</b>	<b>C2</b>
	(bacterias/mL)	(bacterias/mL)
<b>Agua autoclavada</b>	$9 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^6$
<b>Agua condensada</b>	$16,75 \cdot 10^5$	$21 \cdot 10^6$

\* El agua autoclavada se utilizó en el C1 y C2.

**Tabla 5.** Cuantificación de bacterias en el medio de cultivo y el agua resultante del sistema, T1 y T2. (Rojas, 2023)

	<b>T1</b>	<b>T2</b>
	(bacterias/mL)	(bacterias/mL)
<b>Caldo de cultivo</b>	$4,65 \cdot 10^7$	$4,65 \cdot 10^7$
<b>Agua condensada</b>	$44,75 \cdot 10^6$	$41,75 \cdot 10^6$

\* El mismo medio se utilizó para el T1 y T2.

### **5.2.2 Evaluación de la eficacia del Sistema Experimental de Condensación**

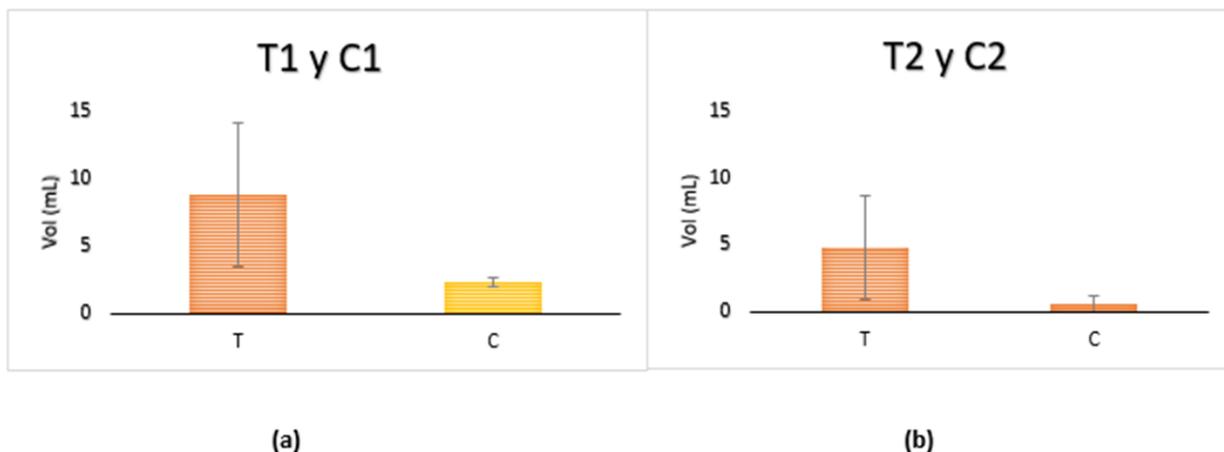
En la Tabla 6, se presenta el registro de los volúmenes obtenidos tanto en los tratamientos como en los controles, en respuesta a variaciones de temperatura. Este monitoreo se realizó durante un período de 24 horas.

Es importante destacar que tanto los controles como los tratamientos comenzaron con un volumen inicial de 0 ml. En el caso de C1 y T1, debido a las bajas temperaturas, se puede observar que el volumen de agua resultante aumenta a una velocidad mayor que en C2 y T2. Sin embargo, en T2, donde la temperatura se mantuvo controlada, se pudo apreciar un aumento gradual y constante en el volumen, como se detalla en la Tabla 6 y en la Imagen 5 donde se puede hacer una comparación de volumen de tratamientos y controles con su respectiva desviación estándar.

**Tabla 6:** Volumen del agua proveniente de la condensación del sistema experimental después de 24 h. (Rojas, 2023)

	0h		24h	
	T	V	T	V
	(°C)	(ml)	(°C)	(ml)
<b>C1</b>	6,25	0	5,6	2,325
<b>T1</b>	4,5	0	4,2	8,8
<b>C2</b>	17,7	0	22,4	0,585
<b>T2</b>	20,3	0	21,2	4,75

\*Volumen resultante tanto de tratamiento y control a baja temperatura como a temperatura ambiente.



**Imagen 5:** Volumen de agua resultante del sistema de condensación después de 24 horas a temperatura ambiente y fría; en la imagen (a), se representa la variación del volumen de agua resultante en mililitros entre C1 y T1 (temperatura fría) después de que el sistema haya funcionado durante 24 horas, cada uno con su respectiva desviación estándar. La barra amarilla representa el tratamiento 1 (T1) y la barra verde representa el control 1 (C1). En la imagen (b), se muestra la variación del volumen en ml de líquido resultante del sistema entre C2 y T2 (temperatura ambiente) después de que el sistema haya funcionado durante el tiempo establecido (24 horas), cada uno con su respectiva desviación estándar. La barra amarilla representa el tratamiento 2 (T2) y la barra verde representa el control 2 (C2). (Rojas, 2023)

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Conteo bacteriano

En las Tablas 4 y 5 se pudo observar y comparar que la cantidad de bacterias en el medio de cultivo es mayor que en el agua resultante del sistema, independientemente de las temperaturas a las que fueron expuestas, ya sea ambiente o fría. Según investigaciones, los lugares con presencia de neblina o niebla densa tienden a tener una mayor concentración microbiana. Esto es relevante en el caso de Peñaherrera, una zona rural con un clima cálido y húmedo, que también puede experimentar temperaturas bajas por la noche, lo que activa los

núcleos de condensación. Dado que es un lugar rural con poca contaminación y se tomaron muestras en una ubicación elevada donde se concentra la neblina, resultó ser un lugar idóneo para el muestreo. El agua condensada mostró una carga bacteriana muy baja, lo que la hace inofensiva, pero se recomienda un tratamiento previo antes de su uso. El medio de cultivo fue altamente eficaz, ya que se preparó adecuadamente y proporcionó los nutrientes necesarios para el crecimiento de nuestras bacterias cultivadas. Además, la temperatura (30 a 35°C), la agitación y la luz influyeron significativamente, ya que recrearon las condiciones ambientales a las que estas bacterias están expuestas. Es importante destacar que la alta concentración de bacterias, junto con el choque térmico, resulta en la formación de aerosoles (pequeñas gotas de agua) que se unen a las bacterias, actuando como núcleos de condensación y generando gotas de agua cada vez más grandes, lo que da como resultado el agua final del sistema. (NeoFronteras, 2016)

En la Tabla 5, se puede apreciar la cantidad de bacterias detectadas en el grupo de control. Es relevante destacar que el control consiste únicamente de agua autoclavada, que mostró una carga bacteriana menor en comparación con el agua resultante. Sin embargo, es necesario considerar que, en teoría, el agua estéril debería presentar una cantidad casi nula de bacterias. A pesar de esto, se observaron algunos microorganismos en la cámara de Neubauer.

## **6.2 Eficiencia del sistema experimental de condensación**

En la Tabla 6 se proporcionan detalles sobre el volumen resultante del agua condensada, tanto para los tratamientos (T1 y T2) como para los controles (C1 y C2). Se observa que la producción de agua condensada en C1 y T1, donde la temperatura se mantuvo en torno a los 6°C, fue mayor que en C2 y T2. Sin embargo, en el tratamiento 2 (T2), donde se mantuvo la temperatura ambiente bajo un mayor control, la producción de agua superó las expectativas, lo que sugiere que las bacterias recolectadas del entorno actuaron de manera efectiva como

núcleos de condensación en el sistema experimental. Es importante destacar que estas bacterias, recolectadas en un ambiente con presencia de neblina y expuestas a bajas temperaturas, desempeñaron un papel especialmente eficaz en la generación de gotas de agua cada vez más grandes en el proceso de condensación.

La generación de agua en el sistema experimental de condensación revela que las bacterias del entorno fueron altamente efectivas en la producción de agua condensada. Esto se logró al simular las temperaturas ambientales a las que estos microorganismos están acostumbrados, que variaron desde 6°C hasta 23°C. Este proceso demostró que se pudo obtener un volumen de agua significativo en ambos tratamientos, aunque el tratamiento T1 produjo notablemente más agua que el T2, como se ilustra en la Imagen 5. Es crucial destacar que la temperatura desempeña un papel crítico en este proceso y, por lo tanto, debe ser controlada de manera precisa para lograr una mayor eficacia en la producción de agua condensada.

El sistema de condensación, al ser un prototipo experimental, consumió una cantidad considerable de energía. Esto se debió a que se intentó simular condiciones que generalmente están presentes en el ambiente. Estas condiciones incluyeron el uso de energía para la recirculación del agua, que tenía como objetivo enfriar el condensador y evitar el derroche de agua que ocurriría si el sistema funcionara las 24 horas del día. Para solventar este problema, se optó por incorporar una bomba de recirculación. (GLOBAQUA, 2022)

También se requirió energía para impulsar la bomba de aire que estaba conectada a los medios. Esta función se llevó a cabo con el propósito de llevar las bacterias hasta el condensador. Aunque estos procesos se llevaron a cabo a pequeña escala, con el fin de simular condiciones ambientales dentro del sistema de condensación, es importante mencionar que, si se implementara este sistema a gran escala, sería mucho más eficiente. Esto se debe a que es posible aprovechar las condiciones naturales del ambiente, incluyendo el ciclo día-noche. A

partir de las 6 de la tarde, comienza el periodo de rocío, lo que significa que durante esas horas la humedad aumenta y las temperaturas son más bajas. (Viñas, 2016). Esto permite que el aire frío necesario para el condensador se obtenga de manera natural, sin necesidad de utilizar compresores. Además, se podría considerar el uso de energía eólica para alimentar el sistema de condensación, lo que reduciría significativamente el consumo energético necesario. (Parente, 2011).

Es relevante destacar que, en una versión a mayor escala, se podrían introducir modificaciones. Por ejemplo, se podría implementar un biorreactor continuo de tanque agitado en el que se cultivarían las bacterias constantemente suministrándoles sus respectivos nutrientes. (Noguera, 2021) Este biorreactor requeriría agitación para garantizar un crecimiento bacteriano eficiente y la temperatura adecuada para su desarrollo. Este biorreactor estaría conectado al condensador de gran escala, y las bacterias serían transportadas hasta el condensador mediante ductos o bombas de aire que funcionarían con energía eólica u otro tipo de energía más limpia, como se mencionó anteriormente. A pesar de estas mejoras, el costo de producción de agua no sería significativamente alto, y se podría obtener la energía necesaria a partir de fuentes más limpias, evitando así un impacto negativo en el entorno económico y ambiental. Finalmente, ya que en esta investigación se determinó que la presencia de bacterias en sistemas de condensación favorece mayor condensación de agua en relación al tratamiento control sin bacterias, la hipótesis de investigación se acepta.

## **7. CONCLUSIONES**

- Las bacterias ambientales recolectadas en la parroquia de Peñaherrera, en línea con nuestro objetivo, fueron aisladas en el laboratorio utilizando un medio de cultivo diseñado para bacterias quimioheterótrofas con base en sacarosa. Estas bacterias se

emplearon en un sistema experimental de condensación cuyo principal propósito era generar agua a partir de dichos microorganismos.

- Los resultados revelaron que estas bacterias son altamente eficaces como núcleos de condensación. Los tratamientos que involucraron a estas bacterias produjeron un mayor volumen de agua en comparación con los controles, que solo contenían agua autoclavada. Es importante destacar que la temperatura desempeña un papel crucial en este sistema, ya que un control preciso de la misma permitió un funcionamiento más efectivo, haciendo una comparación con el volumen resultante de los tratamientos de mi compañera obtuvimos que en el tratamiento de agua fría ella tuvo un mejor resultado con una diferencia de 12.09% debido a que tuvo mejor control de temperatura, sin embargo en el tratamiento a temperatura ambiente se tuvo un mejor resultado con una diferencia de 12,3% .Es decir este control de temperatura condujo a mejores resultados en la producción de agua condensada. Por lo tanto, podemos decir que la hipótesis de esta investigación es aceptada.
- Este estudio tiene un potencial significativo para futuras investigaciones, ya que a mayor escala se puede lograr un mayor volumen de agua condensada. Además, con el tratamiento adecuado, esta agua no solo podría ser beneficiosa en la agricultura, sino que también podría ser apta para el consumo humano.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere que, para futuras investigaciones centradas en el desarrollo de sistemas de condensación utilizando bacterias ambientales como núcleos de condensación, se preste especial atención al adecuado manejo de las muestras. Esto se debe a que se ha

observado que el almacenamiento prolongado puede reducir la capacidad de las bacterias para actuar como núcleos de condensación.

- Es importante no usar una cantidad excesiva de algodón en los medios, ya que esto podría aumentar el riesgo de contaminación. En general, se debe asegurar que todos los componentes sean inocuos para prevenir posibles contaminaciones.
- Por otra parte, es importante destacar que la temperatura empleada en el medio de cultivo ejerce una fuerte influencia sobre las bacterias utilizadas en el condensador. Por lo tanto, se recomienda examinar cómo la temperatura del medio impacta en las bacterias y su concentración, evaluar su efecto en la producción de agua condensada.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Avilés L, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. La Granja, 25-29.
2. Elizondo , R. (2013). LLuvia artificial. ARCHIPIELAGO, 62-63.
3. FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Roma: FAO FIAT PANIS.
4. GEO-3. (2022). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial . Inlaterra:
5. ALFARO J.F. Adaptación de 2 sistemas de irrigación para suelos arenosos. Proine. Brasilia. 1988. 85 pp
6. 2030 Water Resources Group. 2009. Charting our water future. Economic framework to inform decision-making. Mc Kinsey & Company. 185 p.
7. Abrams, L. 2009. Water scarcity. [www.africanwater.org/drought\\_water\\_scarcity.htm](http://www.africanwater.org/drought_water_scarcity.htm) Accessed 4 July 2004.

8. APFAMGS [Andhra Pradesh Farmer Managed Groundwater System Project]. 2009. Nationally Executed Partnership project between BIRDS and FAO. See <http://www.fao.org/nr/water/apfarms/index.htm> Accessed 10 July 2012.
9. Bastiaanssen, W.G.M. 2009. Water accounts: de nieuwe generatie waterbeheercontroleurs. Intreerede Technische Universiteit Delft. (in Dutch).
10. CA [Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture]. 2007. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management In Agriculture. Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
11. GLOBAQUA. (2022). Uso de la tecnología GENius en India para producir agua potable a partir de aire. India : Aquatech.
- Muñoz, H. B. (2019). ¿En Ecuador dónde se concentra la mayor demanda de agua? ¿Es realmente en el sector agrícola? Quito: Dialoguemos. <https://dialoguemos.ec/2019/05/en-ecuador-donde-se-concentra-la-mayor-demanda-de-agua-es-realmente-en-el-sector-agricola/>
12. Parente, M. (2011). MOLINO DE VIENTO QUE TRANSFORMA AIRE EN AGUA. Francia: Eole water. [www.eolewater.com](http://www.eolewater.com)
13. Schlegel, Crecimiento de los microorganismos (1976). «6». Microbiología General. Ediciones Omega S.A. p. 200.
14. Schlegel, Microbiología General (1976). «6.2». El crecimiento de los microorganismos. Ediciones Omega S.A. p. 196.
15. VDI 2264:2001-07 Puesta en servicio, funcionamiento y mantenimiento de sistemas separadores para la eliminación de sustancias gaseosas y partículas de las corrientes de gas. Beuth Verlag, Berlín, p. 58.

16. Götz-Gerald Börger, Uwe Listner, Martin Schulle: Purificación del aire de escape enACHEMA '94. En: Polvo - Aire Limpio 54, nº 12, 1994, ISSN 0949-8036, pp. 471-474.
17. Arauz, C. L. F. (1998). Fitopatología: un enfoque agroecológico. Universidad de Costa Rica.
18. Schaad, N. W., Jones, J. B. y Chun, W. (2001). Laboratory
19. Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria (3a ed.). APS PRESS, St. Paul Minnesota.
20. Rodríguez, M. M. L. (2006). Manual para la identificación de bacterias fitopatógenas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.
21. Rojas, T. A. (2011). Manual de Microbiología Conceptos y Práctica de Microbiología General. Universidad. Nacional de Colombia.
22. Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E. y Burdge, J.R. (2009). Química. La Ciencia Central. México: Pearson Educación.
23. Daub, G. W. y Seese, W. S. (2005). Química. México: Pearson Educación.
24. Dillard, C. R. y Goldberg, D. E. (1977). Química, reacciones, estructura, propiedades. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.
25. Dingrando, L., Hainen, N. y Gregg, K. V. (2003). Química, materia y cambio. Bogotá: McGraw-Hill.
26. Ebbing, D. (1996). Química General. México, Mc-Graw-Hill.
27. Hein, M. (1992). Química. México: Iberoamericana.
28. Phillips, J., Stozak, V., Wistrom, C. (2000). Química, conceptos y aplicaciones. México: McGraw-Hill.
29. UNAM-Siglo XXI (2010). Enciclopedia de Conocimientos Fundamentales. Volumen 4. México: Siglo XXI Editores.

30. Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. (2017). condensation in atmospheric chemistry. EE.UU: Compendium of Chemical Terminology.
31. Abya-Yala. (2015). Intag, un territorio en disputa. Quito: UAB.
32. Avilés L, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. La Granja, 25-29.
33. Bastidas, O. (2017). Conteo Celular con. Mexico : Technical Note .
34. Elizondo , R. (2013). LLuvia artificial. ARCHIPIELAGO, 62-63.
35. FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Roma: FAO FIAT PANIS.
36. Franco, R. A. (2017). Reacciones químicas. Bogota: Portal Académico.
37. GEO-3. (2022). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial . Inlaterra: PNUMA.
38. Geraldine, L. (2020). Condensador en Serpentin. Colombia: Instrimentalia.
39. GLOBAQUA. (2022). Uso de la tecnología GENius en India para producir agua potable a partir de aire. India : Aquatech.
40. Laboratorio de ciencia . (2022). Kitasato. Mexico : Commons.
41. López, A. (2012). Entradas etiquetadas como ‘núcleos de condensación nubes’. Barcelona : Larousse.
42. Muñoz, H. B. (2019). ¿En Ecuador dónde se concentra la mayor demanda de agua? ¿Es realmente en el sector agrícola? Quito: Dialoguemos.
43. Ortega, C. (2022). Desviación estándar: Qué es, usos y cómo obtenerla. México: QuestionPro.
44. Pablos, V. d. (2021). ¿A qué temperatura se multiplican las bacterias más rápidamente? España: Traza.
45. Parente, M. (2011). MOLINO DE VIENTO QUE TRANSFORMA AIRE EN AGUA. Francia: Eole water.
46. Reynoso, M. M. (20218). Acidez y alcalinidad (pH). Argentina : Libre text.

47. Schlegel. (2014). Medio de cultivo. Growth media: UTC.
48. Senasica. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad. (2020). Aislamiento de bacterias fitopatógenas. Costa Rica : SENASICA.
49. Vyas, J. M. (2022). Tinción de Gram. Boston: Associate in Medicine.
50. Ormaechea, D. E. (2021). En qué consiste la tinción de Gram. Boston : CanalSALUD.
51. NeoFronteras. (2008). Las bacterias hacen llover . España : NeoFronteras . [https://neofronteras.com/?page\\_id=155](https://neofronteras.com/?page_id=155)
52. Amato, P., Joly, M., Besaury, L., Oudart, A., Taib, N., Moné, A. I., ... Debroas, D. (2017). Active microorganisms thrive among extremely diverse communities in cloud water. PLOS ONE, 12(8), e0182869. doi:10.1371/journal.pone.0182869
53. Amato, P., Parazols, M., Sancelme, M., Laj, P., Mailhot, G., & Delort, A.-M. (2007). Microorganisms isolated from the water phase of tropospheric clouds at the Puy de Dôme: major groups and growth abilities at low temperatures. FEMS Microbiology Ecology, 59(2), 242–254. doi:10.1111/j.1574-6941.2006.00199.x
54. NeoFronteras. (2008). Las bacterias hacen llover . España : NeoFronteras .
55. Solé, C. M. (2015). Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. España : CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_299.pdf/c33a7078-3608-4c56-914e-12946c3c660c](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_299.pdf/c33a7078-3608-4c56-914e-12946c3c660c)
56. NeoFronteras. (2008). Las bacterias hacen llover . España : NeoFronteras .
57. Rojas, D. (2023). Quito: Excel.
58. R
59. ojas, D. (2023). Diagrama del Distema de condensacion . Quito: UISEK.
60. Rojas, D. (2023). Sistema de condensacion establecido. Quito: UISEK.

61. Solé, C. M. (2015). Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. España : CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.

62. Noguera, I. B. (2021, 27 noviembre). Reactores intermitentes o reactores Batch. Ingeniería Química Reviews. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/10/reactores-intermitentes-batch.html>.

63. Solé, C. M. (2015). Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. España : CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.

64. Viñas, J. M. (2016). Rocío mañanero. España: Meteored

65. Nutrición microbiana. (s. f.). 2018. <https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/11nutrientes.htm>



## 10. ANEXOS

### ANEXO A



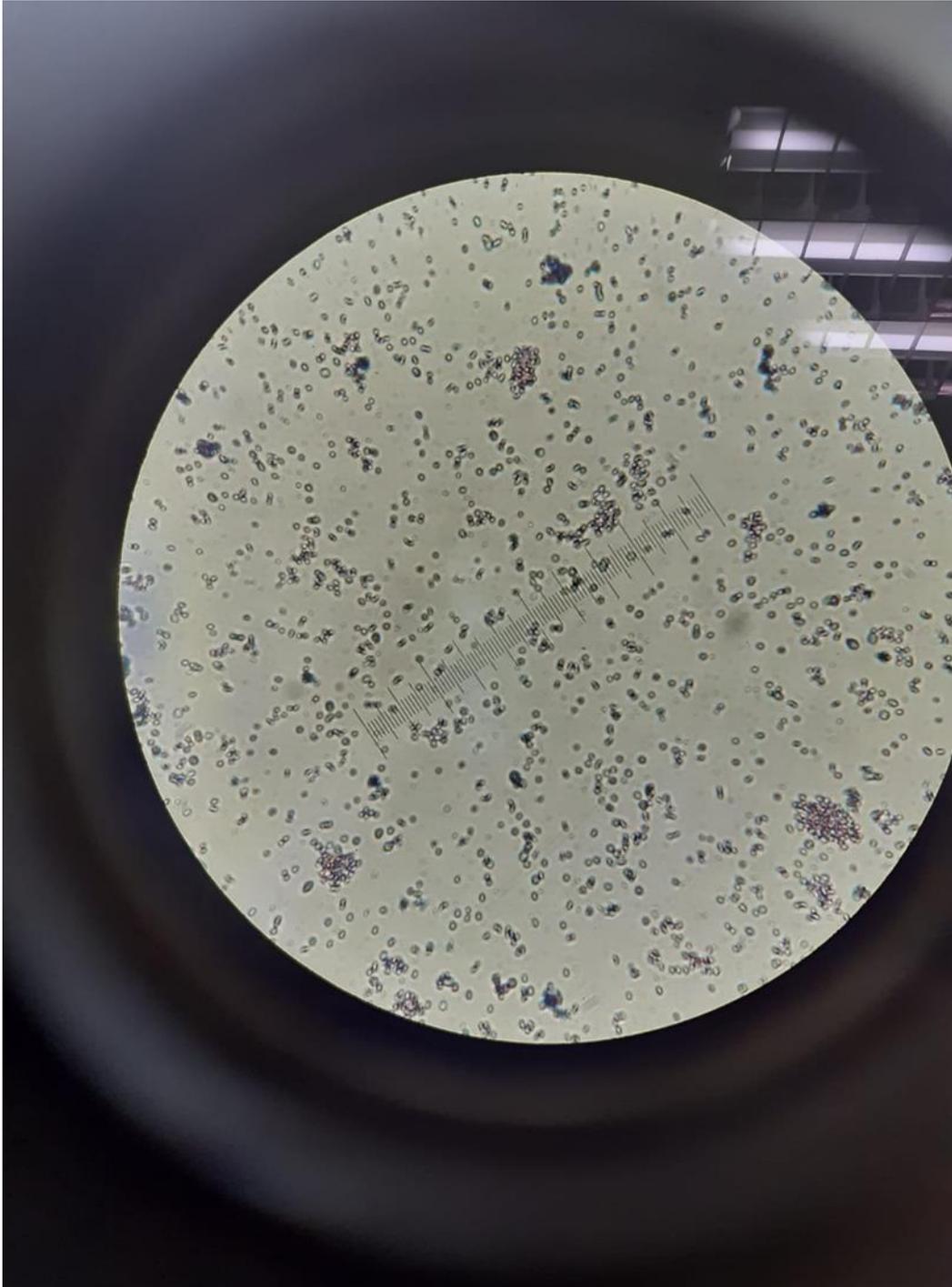
**Imagen 6:** Medio minimal para aislar bacterias quimioheterótrofas. (Rojas, 2023)

## ANEXO B



**Imagen 7:** Formación de núcleos de condensación. (Rojas, 2023)

## ANEXO C



**Imagen 8.** Visualización microscópica con tinción Gram, lente 100x. (Rojas, 2023)

## ANEXO D



**Tabla 9.** Volumen de Agua resultante de T1 y T2. (Rojas, 2023)