UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) - 2023

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA

Bach. YAMILET MEDALYN YUCRA OQUENDO

ASESOR:

Dr. HEBERT HERNÁN SOTO GONZALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA - PERÚ

2024

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Folio Nº 062

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

Resolución de Facultad Nº 265 - 2024 - FACIA - UNAM

Fecha: 02 enero 2025

III. El jurado ha dictaminado la (el) tesis, TITULADO:

Desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR Omo (Moquegua) - 2023

Bachiller: Lidia Marleni Coaquera Zanga y Yamilet Medalyn Yucra Oquendo

Asesor Principal: Dr. Hebert Hernan Soto Gonzales

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Quince (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 15:23 horas, del 02 de enero del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Dr. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE
Presidente

Paulino Rios Zapana
Primer Miembro

Nilton Baltrán Rojas Bricaño
Segundo Miembro

Lidia Marleni Coaquera Zanga
Bachiller

Yamilet Medalyn Yucra Oquendo

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro guía y permitirnos seguir adelante en busca de poder lograr una meta más en nuestras vidas.

I:

A mis padres Justina Zanga y Carmelo Coaquera, por su apoyo constante y esfuerzo en la realización del proyecto, y mi formación profesional.

A mis hermanos Ricardo y Henry, quienes me brindaron apoyo emocional y motivacional en la culminación de la carrera y del proyecto.

A mis abuelos Lomabardino Zanga y Flavia Mamani, por su apoyo. A mi Hermano Rodrigo y abuelos (Remigio Coaquera y Lucia Pari), que, aunque no se encuentre con nosotros en la tierra sabemos que siempre está ahí apoyándonos.

Finalmente quisiera agradecer a mi mentor Julio Guzmán por su apoyo en brindarme métodos de organización.

Lidia M. Coaquera Zanga

II:

A mis padres Sumilda Oquendo & Miguel Yucra, por su apoyo y confianza incondicional en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria, para seguir adelante y cumplir mis metas.

A mis hermanos Jackelin, Jhonatan y Alex, por acompañarme en cada larga y agotadora noche de estudio.

A mi abuelo Felipe Oquendo, por su aliento constante y recordándome la importancia de nunca rendirme.

A mis abuelos María Phala y Pablo Yucra que, aunque no se encuentren con nosotros, siempre me encaminaron por el buen camino.

A mi compañero Christian Muñoz por su apoyo emocional y motivacional.

Yamilet M. Yucra Oquendo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios, a nuestras familias, por el apoyo en el financiamiento del proyecto, asimismo por brindarnos soporte emocional, para la culminación de la presente investigación.

Agradecemos a la Universidad Nacional de Moquegua nuestra alma mater por todos los conocimientos brindados durante nuestra permanencia en las aulas de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A nuestro asesor el Dr. Hébert Hernán Soto Gonzales por compartir sus experiencias, conocimientos y apoyo en la realización del proyecto de tesis.

A la jefa de laboratorio de biología de la UNAM, Blga. Pamela Choque y al Ing. Francisco Moncada, por brindarnos sus conocimientos en la evaluación de parámetros microbiológicos.

A la EPS Moquegua, al Ing. Víctor Callahuari y al Ing. Wilbert, por permitirnos el ingreso a la PTAR Omo para la toma de muestra.

Al Dr. Jorge González Aguilera docente de la Universidad Estadual de Mato Grosso do Sul, MS, Brasil, por su apoyo en la evaluación estadística del informe de tesis.

A nuestros compañeros Reyna Colque y Brayan Díaz, por apoyarnos en la recolección de muestras de lodo residual.

Finalmente, agradecemos al grupo de investigación de Bioprospección de Microorganismos de Intereses Biotecnológicos (BIOMIB) dirigido por el Dr. Hébert Hernán Soto Gonzales; al Proyecto de Investigación Especial: “Estructura oceanográfica, ecológica y molecular de la biodiversidad submareal de la reserva de Punta de Coles, para su manejo sostenible” (Resolución de comisión organizadora N°0102-2020-UNAM) y al Proyecto de Investigación: “Limnología física del embalse Pasto Grande” (Resolución de comisión organizadora N° 0406 2020-UNAM), por permitirnos la utilización de sus equipos y la utilización de materiales necesarios para el desarrollo de la presente investigación. De igual manera agradecer a nuestros compañeros de investigación BIOMIB por su apoyo y motivación incondicional.

RESUMEN

La producción de lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) representa un problema global debido a su acumulación, costos de gestión y la presencia de contaminantes y patógenos, que afectan la salud humana y el medio ambiente. En la PTAR Omo (Moquegua), se ha acumulado un volumen de 85 488.31 m³ de lodo desde su puesta en funcionamiento, dificultando su capacidad de tratamiento. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un paquete biotecnológico microbiano sustentable (variable independiente) para reducir la carga microbiana patógena presente en los lodos de la PTAR Omo (variable dependiente). Se aislaron e identificaron 86 cepas bacterianas (44% suelo, 20% lácteos y 36% frutas) y 33 cepas de hongos (70% suelo, 15% leche, 15% frutas). De estas, se seleccionaron 60 cepas bacterianas predominando *Leuconostoc mesenteroides* (12%), *Bacillus subtilis* (8%) y *Lactobacillus plantarum* (7%), y 25 cepas de hongos, dominadas por Zigomycota y Ascomycota. Asimismo, se elaboraron 5 paquetes mezclando bacterias y hongos a una concentración total de $1x10^8$ UFC/ml para cada paquete. Se realizó la parte experimental en el vivero de la UNAM Pampa Inalámbrica durante dos meses, se monitorearon parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en 5 tratamientos y 2 controles (positivo: con agua destilada; negativo: sin adición), con 3 repeticiones cada uno. Los resultados de los parámetros fisicoquímico indican que la temperatura se mantuvo entre 19°C y 23°C, la conductividad aumentó de 211.1 mS/m a 323.0 mS/m y el pH varió de 5.5 a 7.5. En cuanto a los parámetros organolépticos, el color cambió de olivo oscuro grisáceo a pardo rojizo oscuro, el olor pasó de extremadamente fuerte a no perceptible, y la textura mejoró de arcillosa a limo arcilloso. Además, el tratamiento T1 mostró una reducción del 85.46% en la cantidad de lodos. Los parámetros microbiológicos como *E. coli*, coliformes termotolerables y coliformes totales mostraron una distribución no paramétrica con valores p de 0.024, 0.048 y 0.001, respectivamente. Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, cuyos resultados indicaron que los tratamientos T1 y T5 tuvieron los promedios de rangos más altos y fueron los más significativos. Los valores p para *E. coli* (0.027) y coliformes termotolerables (0.017) indicaron diferencias significativas en al menos dos muestras, mientras que para coliformes totales el valor p fue 0.087, sugiriendo una diferencia mínima. La prueba Post-Hoc de Tukey confirmó que T1 (<3.00 NMP/g) y T5 (<3.00 NMP/g) presentaron diferencias significativas. Además, en cuanto a la presencia/ausencia de *Salmonella* sp. y huevos de helmintos, se observó ausencia en ambos tratamientos T1 y T5. El T1 se considera el tratamiento

ganador debido a su mayor reducción en parámetros fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos, destacándose por su capacidad de biosaneamiento. El Paquete N°1 se evaluó como el más sustentable, ya que logró una significativa reducción de patógenos y residuos sin recurrir a aditivos químicos, utilizando microorganismos naturales. Este enfoque no solo optimiza el tratamiento de lodos, sino que también reduce costos operativos y el impacto ambiental, mejorando la seguridad pública y ambiental.

Palabras Claves: Biotecnológico, cepas, consorcio, lodos, patógenos.

ABSTRACT

Sludge production in wastewater treatment plants (WWTP) represents a global problem due to its accumulation, management costs and the presence of contaminants and pathogens that affect human health and the environment. At the Omo WWTP (Moquegua), a volume of 85,488.31 m³ of sludge has accumulated since its start-up, hindering its treatment capacity. The objective of this research was to develop a sustainable microbial biotechnology package (independent variable) to reduce the pathogenic microbial load present in the sludge from the Omo WWTP (dependent variable). Eighty-six bacterial strains (44% soil, 20% dairy and 36% fruit) and 33 fungal strains (70% soil, 15% dairy, 15% fruit) were isolated and identified. Of these, 60 bacterial strains were selected, predominantly Leuconostoc mesenteroides (12%), Bacillus subtilis (8%) and Lactobacillus plantarum (7%), and 25 fungal strains, dominated by Zigomycota and Ascomycota. Likewise, 5 packages were prepared by mixing bacteria and fungi at a total concentration of 1x108 CFU/ml for each package. The experimental part was carried out in the UNAM Pampa Inalámbrica nursery for two months, monitoring physicochemical and microbiological parameters in 5 treatments and 2 controls (positive: with distilled water; negative: without addition), with 3 replicates each. The results of the physical parameters indicate that temperature was maintained between 19°C and 23°C, conductivity increased from 211.1 mS/m to 323.0 mS/m and pH varied from 5.5 to 7.5. As for organoleptic parameters, the color changed from dark grayish olive to dark reddish-brown, the odor changed from extremely strong to not perceptible, and the texture improved from clayey to clayey silt. In addition, treatment T1 showed an 85.46% reduction in the amount of sludge. Microbiological parameters such as E. coli, thermotolerable coliforms and total coliforms showed a non-parametric distribution with p-values of 0.024, 0.048 and 0.001, respectively. The Kruskal-Wallis test was applied, the results of which indicated that treatments T1 and T5 had the highest average ranges and were the most significant. The p-values for E. coli (0.027) and thermotolerable coliforms (0.017) indicated significant differences in at least two samples, while for total coliforms the p-value was 0.087, suggesting a minimal difference. Tukey's Post-Hoc test confirmed that T1 (<3.00 NMP/g) and T5 (<3.00 NMP/g) presented significant differences. In addition, regarding the presence/absence of Salmonella sp. and helminth eggs, absence was observed in both treatments T1 and T5. T1 is considered the winning treatment due to its greater reduction in physico-chemist, organoleptic and microbiological parameters, standing out for its biosanitation

capacity. Package N°1 was evaluated as the most sustainable, since it achieved a significant reduction of pathogens and residues without resorting to chemical additives, using natural microorganisms. This approach not only optimizes sludge treatment, but also reduces operating costs and environmental impact, improving public and environmental safety.

Key words: Biotechnological, strains, consortium, sludge, pathogens.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 5
1.2.1. Interrogante general 5
1.2.2. Interrogantes específicas 5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 6
1.4. OBJETIVOS 8
1.4.1. Objetivo general 8
1.4.2. Objetivos específicos 8
1.5. HIPÓTESIS 9
1.5.1. Hipótesis general 9
1.5.2. Hipótesis especificas 9
1.6. VARIABLES 10

II. MARCO TEÓRICO 11

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 11
2.1.1. Antecedentes internacionales: 11
2.1.2. Antecedentes nacionales: 17
2.2. BASES TEÓRICAS 22
2.2.1. Bacterias: 22
2.2.1.1. Bacterias fotosintéticas: 22
2.2.1.2. Bacterias ácido-lácticas: 22
2.2.2. Hongos: 22
2.2.2.1. Desarrollo morfológico 23
2.2.2.2. Hongos filamentosos: 23
2.2.3. Plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR o PTAR): 24
2.2.3.1. Tratamiento primario: 24
2.2.3.2. Tratamiento secundario: 24
2.2.3.3. Tratamiento terciario: 25
2.2.4. Lodos: 25
2.2.4.1. Origen de los lodos: 25
2.2.4.2. Clasificación de lodos: 26
2.2.4.3. Tipos de lodos: 27
2.2.4.4. Clasificación de lodos residuales 28
2.2.4.5. Características Físicas de lodos: 28

2.2.4.6. Características biológicas del lodo: 29
2.2.4.7. Características organolépticas del lodo: 31
2.2.5. Paquete biotecnológico: 33
2.2.5.1. Microorganismos Eficientes (EM): 33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS....35
III. METODOLOGÍA....37
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN....37
3.1.1. Tipo de investigación: 37
3.1.2. Nivel de investigación: 37
3.1.3. Ámbito temporal y espacial: 37
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA....38
3.2.1. La población 38
3.2.2. Muestra. 38
3.3. INSTRUMENTOS: 40
3.4. PROCEDIMIENTO: 43
3.4.1. Aislamiento e identificación de bacterias: 43
3.4.1.1. Aislamiento: 43
3.4.1.1.1. Muestras de suelo: 43
3.4.1.1.2. Muestras de leche: 45
3.4.1.1.3. Muestras de Frutas: 46
3.4.1.1.4. Muestras de yogurt natural: 46
3.4.1.2. Identificación macroscópica, microscópica y bioquímica: 51
3.4.1.2.1. Identificación macroscópica: 51
3.4.1.2.2. Identificación microscópica: 52
3.4.1.2.3. Identificación bioquímica 53
3.4.2. Aislamiento e identificación de hongos: 59
3.4.2.1. Aislamiento: 59
3.4.2.1.1. Muestras de suelo agrícola: 59
3.4.2.1.2. Muestras de leche: 60
3.4.2.1.3. Muestras de frutas: 60
3.4.2.2. Identificación morfológica macroscópica y microscópica: 64
3.4.2.2.1. Identificación morfológica macroscópica: 64
3.4.2.2.2. Identificación morfológica microscópica: 64
3.4.2.2.3. Consulta de referencias bibliográficas: 64
3.4.3. Paquete microbiano sustentable: 65
3.4.3.1. Formación del paquete biotecnológico 65
3.4.3.1.1. Producción de paquetes por fermentación discontinua a escala de 6 litros 65
3.4.4. Toma muestras de lodos 66
3.4.5. Aplicación del paquete microbiano: 68

3.4.6. Monitoreo de parámetros....72
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:....76
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN....78
4.1. RESULTADOS....78
4.1.1. Aislamiento e identificación de bacterias:....78
4.1.1.1. Aislamiento:....78
4.1.1.2. Selección y descripción de cepas:....81
4.1.1.3. Identificación:....96
4.1.2. Aislamiento e identificación de hongos:....98
4.1.2.1. Aislamiento:....98
4.1.2.2. Selección y descripción de cepas:....99
4.1.2.3. Identificación:....104
4.1.3. Elaboración del paquete biotecnológico microbiano sustentable....106
4.1.3.1. Parámetros físicos de los paquetes biotecnológicos microbianos....107
4.1.3.1.1. pH....107
4.1.3.1.2. Temperatura....108
4.1.3.1.3. Conductividad....109
4.1.4. Determinación de características físico-químicos, organolépticos y microbiológicas (antes y después)....110
4.1.4.1. Monitoreo de parámetros físico-químicos....110
4.1.4.1.1. Temperatura....110
4.1.4.1.2. Conductividad....111
4.1.4.1.3. pH....112
4.1.4.2. Monitoreo de parámetros organolépticos....114
4.1.4.2.1. Color....114
4.1.4.2.2. Olor....115
4.1.4.2.3. Textura....116
4.1.4.3. Cantidad de lodos (antes y después)....116
4.1.4.4. Monitoreo microbiológico (antes y después)....119
4.1.4.4.1. Detección de *Escherichia coli*....119
4.1.4.4.2. Detección de coliformes termotolerantes....122
4.1.4.4.3. Detección de coliformes totales....125
4.1.4.4.4. Detección de *Salmonella* sp.....129
4.1.4.4.5. Detección de huevos de parásitos....130
4.2. DISCUSIÓN....132
V. CONCLUSIONES....137
VI. RECOMENDACIONES....139
VII. REFERENCIAS....140

ANEXOS 158

ANEXO I: PANEL FOTOGRÁFICO 159

ANEXO II: BASE DE DATOS 168

ANEXO III: CUADROS DE MONITOREO 172

Anexo III.1: Cantidad de lodos antes y después de los tratamientos 173

Anexo III.2: Coliformes totales de lodos antes y después de los tratamientos .. 175

Anexo III.3: Coliformes termotolerables en lodos antes y después de los tratamientos 178

Anexo III.4: Escherichia coli en lodos antes y después de los tratamientos 181

Anexo III.5: Salmonella sp. en lodos antes y después de los tratamientos 190

Anexo III.6: Huevos de parásitos en lodos antes y después de los tratamientos 193

ANEXO IV: DOCUMENTACIÓN PRESENTADA 197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables de investigación 10
Tabla 2: Intensidad de un olor. 32
Tabla 3: Instrumentos de gabinete..... 40
Tabla 4: Instrumentos de muestreo inicial 40
Tabla 5: Instrumentos de Seguridad de muestreo 40
Tabla 6: Materiales de experimentación 40
Tabla 7: Insumos de laboratorio 41
Tabla 8: Equipos de laboratorio 42
Tabla 9: Diagrama de muestreo de suelo agrícola 44
Tabla 10: Morfología colonial de cepas 51
Tabla 11: Cantidad de muestras de lodo requeridas 66
Tabla 12: Numero de tratamientos y repeticiones de los lodos 68
Tabla 13: Aplicación del paquete..... 68
Tabla 14: Parámetros fiscos y biológicos a monitorear antes y después..... 72
Tabla 15: Determinación de Escherichia coli, Coliformes termotolerantes y Coliformes totales 73
Tabla 16: Determinación de presencia de Salmonella sp. 74
Tabla 17: Determinación de huevos de helmintos o parásitos por el método de Kato Kats. 75
Tabla 18: Descripción morfológica de aislamiento de bacterias seleccionadas..... 87
Tabla 19: Identificación de cepas bacterianas aisladas 96
Tabla 20: Descripción macroscópica (anverso y reverso) y microscópica de los hongos seleccionados para el paquete biotecnológico..... 101
Tabla 21: Especies de hongos aislados..... 105
Tabla 22: Formación de los paquetes biotecnológicos microbianos sustentables 106
Tabla 23: Promedio de temperatura durante los meses de octubre y noviembre, en horario diurno y nocturno 110
Tabla 24: Promedio de conductividad durante los meses de octubre a noviembre, en horario diurno y nocturno de lodos residuales 111
Tabla 25: Promedio de pH durante los meses de octubre y noviembre, en horario diurno y nocturno..... 113
Tabla 26: Resultados de la prueba de normalidad del peso antes y después de los tratamientos 117
Tabla 27: Resultados de la prueba T para las muestras relacionadas del peso antes y después de los tratamientos 118
Tabla 28: Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para el peso final del peso final de los lodos en el tratamiento aplicado..... 118
Tabla 29: Resultados de la prueba de normalidad del antes y después de E. coli de los tratamientos 120
Tabla 30: Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de E. coli de la diferencia del antes y después..... 120
Tabla 31: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable E. coli..... 121
Tabla 32: Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de E. coli de los lodos en el tratamiento aplicado..... 121
Tabla 33: Resultados de la prueba de normalidad del coliformes termotolerables antes y después de los tratamientos 122
Tabla 34: Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de Coliformes termotolerables de la diferencia del antes y después 123

Tabla 35: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable coliformes termotolerables 124
Tabla 36: Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de coliformes termotolerantes de los lodos en el tratamiento aplicado 125
Tabla 37: Resultados de la prueba de normalidad de coliformes totales antes y después de los tratamientos..... 126
Tabla 38: Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de Coliformes totales de la diferencia del antes y después 127
Tabla 39: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable coliformes totales..... 128
Tabla 40: Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de coliformes totales de los lodos en el tratamiento aplicado..... 128
Tabla 41: Base de datos de la caracterización macroscópica, microscópica y bioquímica de las cepas de bacterias seleccionadas..... 169
Tabla 42: Cantidad antes y después del tratamiento de lodos 174
Tabla 43: Coliformes totales (NMP/g) antes de la aplicación del tratamiento 176
Tabla 44: Coliformes totales (NMP/g) después de la aplicación del tratamiento 177
Tabla 45: Coliformes termotolerables (NMP/g) antes de la aplicación del tratamiento ... 179
Tabla 46: Coliformes termotolerables (NMP/g) después de la aplicación del tratamiento 180
Tabla 47: Prueba bioquímica de Escherichia coli (NMP/g) antes del tratamiento..... 182
Tabla 48: Escherichia coli (NMP/g) antes del tratamiento 184
Tabla 49: Prueba bioquímica de Escherichia coli (NMP/g) después del tratamiento..... 185
Tabla 50: Escherichia coli (NMP/g) después del tratamiento..... 189
Tabla 51: Ausencia/Presencia de Salmonella antes del tratamiento 191
Tabla 52: Ausencia/Presencia de Salmonella después del tratamiento..... 192
Tabla 53: Presencia/Ausencia de huevos de parásitos antes de la aplicación del tratamiento 194
Tabla 54: Presencia/Ausencia de huevos de parásitos después de la aplicación del tratamiento 195

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Como la cepa Proteus mirabilis sp.SJ25 ayudan a la degradación de residuos de lodos activados. 13
Figura 2: Sistema de notación de color Munsell y atributos cromáticos en húmedo y seco 31
Figura 3: Diagrama textural de la USDA 32
Figura 4: Aislamiento de bacterias de muestras de suelo 48
Figura 5: Aislamiento de bacterias de muestras de frutas 49
Figura 6: Aislamiento de bacterias de muestras de lácteos 50
Figura 7: Aislamiento de hongos en diversas muestras 62
Figura 8: Formación del paquete biotecnológico microbiano sustentable 65
Figura 9: Distribución de las lagunas facultativas de la PTAR OMO 67
Figura 10: Diseño experimental de lodos residuales 70
Figura 11: Porcentaje de tipo de bacterias aisladas según su forma, en muestra de suelo, fruta y lácteos 79
Figura 12: Bacterias aisladas según muestra empleada 80
Figura 13: Porcentaje de bacterias Gram positivas y Gram negativas aisladas 81
Figura 14: Descripción macroscópica y microscópica de bacterias seleccionadas para formación de paquetes biotecnologicos. 82
Figura 15: Aislamiento de hongos y cantidad por muestra 98
Figura 16: Desarrollo macroscópico y microscópico de las colonias de hongos aislados 99
Figura 17: Media de pH por unidad experimental 108
Figura 18: Media de temperatura por unidad experimental 109
Figura 19: Media de conductividad eléctrica por unidad experimental 109
Figura 20: Promedio de temperaturas de los dos meses de monitoreo 111
Figura 21: Promedio de conductividad de los dos meses de monitoreo 112
Figura 22: Promedio de pH durante los meses de monitoreo 113
Figura 23: Monitoreo del color de los lodos durante los días de experimentación 114
Figura 24: Monitoreo del olor de los lodos durante los días de experimentación 115
Figura 25: Monitoreo de la textura de los lodos durante los días de experimentación . 116
Figura 26: Cantidad antes y después de lodos por tratamientos 117
Figura 27: Monitoreo de E. coli antes y después de la aplicación de los tratamientos . 119
Figura 28: Monitoreo de coliformes termotolerantes antes y después de la aplicación de los tratamientos 122
Figura 29: Monitoreo de Coliformes totales antes y después de la aplicación de los tratamientos 126
Figura 30: Recuento del monitoreo de Salmonella sp. antes de la aplicación de los tratamientos 129
Figura 31: Recuento del monitoreo de Salmonella sp. después de la aplicación de los tratamientos 130
Figura 32: Recuento del monitoreo de huevos de parásitos antes de la aplicación de los tratamientos 131
Figura 33: Recuento del monitoreo de huevos de parásitos después de la aplicación de los tratamientos 131
Figura 34: Aislamiento de bacterias 160
Figura 35: Tinción Gram y observación microscópica. 160
Figura 36: Conservación de cepas bacterianas en tubos Eppendorf Safe-Lock 161
Figura 37: Aislamiento de hongo 161
Figura 38: Observación microscópica y tinción con lactofenol 162
Figura 39: Conservación de cepas de hongos por método Castellani 162
Figura 40: Formación de mezcla de Hongo y mezcla de bacterias. 163

Figura 41: Formación de paquetes biotecnológicos 163
Figura 42: Toma de muestras en la PTAR – Omo.....164
Figura 43: Introducción de lodos en unidades experimentales.....164
Figura 44: Vista panorámica de las unidades experimentales 165
Figura 45: Monitoreo diurno de las unidades experiméntales 165
Figura 46: Monitoreo nocturno de las unidades experiméntales 166
Figura 47: Preparación de medios para los microorganismos patógenos y lectura de los mismos.....166
Figura 48: Preparación demuestras y observación microscópica de huevos de parásitos. 167
Figura 49: Fotografía de huevos de parásitos encontrados antes y después del tratamiento.....196

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Puntos de extracción de lodos en laguna primaria de la PTAR OMO.....39

INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana procedente de procesos naturales o artificiales da como resultado la combinación de residuos sólidos y líquidos, generando un incremento de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), obteniéndose de estos dos productos residuales: el agua tratada que cumple con las normativas necesarias para su uso o disposición, y una sustancia semilíquida conocida como lodo, que va en aumento drásticamente.

Los lodos o también conocidos como residuos sólidos según el Decreto Legislativo 1278, contienen gran cantidad de materia orgánica, altas concentraciones de microorganismos patógenos (bacterias, virus y parásitos), macro y micronutrientes, metales pesados y agua (Cuevas et al., 2006).

La región Moquegua, en la Provincia de Mariscal Nieto cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Omo” con un volumen de 85 488.31 m^3 de lodo, según la última batimetría realizada en el 2022, por la entidad administrativa EPS Moquegua.

Debido a su elevado costo de mantenimiento y operación, se viene realizando un inadecuado tratamiento y disposición final, para reactores estabilizadores de lodos y sistemas de deshidratación e incineración, además del transporte a los sitios de disposición final (Morales, 2005).

En consecuencia, los lodos son vertidos al ambiente, sin medidas de protección adecuadas para evitar la contaminación del suelo, de los cuerpos receptores y acuíferos, provocando un problema ambiental y de salud pública mayor del que se pretende resolver (Oropeza, 2006).

Es por ello por lo que el presente trabajo de investigación buscó desarrollar un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR – Omo, como medio de solución alternativa al problema de presencia de patógenos en lodos. Empleando para ello consorcios microbianos benéficos (bacterias y hongos) y melaza como fuente de nutrientes, buscando la reducción considerable de patógenos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) suelen ser de propiedad pública (Municipio) que brindan tratamiento primario y secundario (Spellman, 2009); uno de los factores ambientales a la hora de instalar una PTAR es la altitud sobre el nivel del mar (Baquero-Rodríguez *et al*., 2022). Cabe señalar que la primera fuente de lodos, son los sólidos en suspensión procedente de los tanques de sedimentación primario. Normalmente, alrededor del 60% de los sólidos en suspensión que ingresan las plantas de tratamiento se convierten en lodos primarios crudos (Tambo *et al*., 1982).

El abultamiento de lodos es muy común en el proceso de las PTAR (Han *et al*., 2021), la generación de biomasa producida durante el tratamiento biológico, requieren tratamientos costosos y métodos para reducir la producción durante el metabolismo aeróbico o anaeróbico (Low & Chase, 1999), dificultando seriamente los procesos posteriores de eliminación de los lodos (Y. Fan *et al*., 2022); la gestión del exceso de lodos es un factor limitante en el desarrollo de la PTAR (Wang *et al*., 2022).

Existe un aumento de lodos en la PTAR (Michalska *et al*., 2022), debido al crecimiento poblacional, convirtiéndose en un importante problema mundial (Tanczuk & Kostowski, 2021), la aceleración de la urbanización está produciendo lodos urbanos e industriales que van en aumento rápidamente (Ding *et al*., 2021),debido al largo tiempo de tratamiento y la gran cantidad de generación de este residuo (Bhat & Gogate, 2021) , ocasionan impactos en el coste de gestión o de eliminación (Hakiki *et al*., 2018); la mayor parte de volumen se extraen de los tanques de sedimentación primarios, que tiene un alto contenido orgánico de materia fecal y restos de comida, además de ser altamente putrescible, el color como el olor se intensifican, lo que provoca la rápida aparición de la putrefacción y de olores muy desagradables (Lazarre, 2017), los lodos, no pueden depositarse en ningún entorno natural o controlado (Sorgo *et al*., 2016), análisis revelaron la presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos, que generan problemas de salud, para el hombre y el medio ambiente (Onchoke *et al*., 2022). En consecuencia se dificulta la aplicación directa de los lodos en la agricultura (Michalska *et al*., 2022).

En Perú, la RM 128-2017-VIVIENDA da a conocer la prohibición de depósito de lodos en lugares públicos, así como en sitios arqueológicos, áreas naturales protegidas, zonas de amortiguamiento, playas, ríos y cordilleras costeras u otra propiedad de uso público (Montero Reyes, 2017).

La PTAR Omo, cuenta con un caudal de tratamiento de 134 L/s (Morocco Llampi & Paye Huallpa, 2022). Está constituida por dos lagunas anaeróbicas primarias, dos lagunas facultativas y dos lagunas de maduración en paralelo; las seis lagunas tienen un diseño para 488 391.84 m^3 de volumen de lodos, a través del análisis de batimetría en el año 2020, el resultado indica una capacidad de 85 488.31 m^3, indicando que los lodos están acumulados desde la puesta en marcha de la PTAR hasta la actualidad (EPS Moquegua S.A., 2022).

Los lodos tienen presencia de microorganismos patógenos, estos pueden proceder de desechos humanos que estén infectados y sean portadores de enfermedades intestinales (Quispe Perez, 2017), en Moquegua según el último informe realizado por el hospital, las infecciones intestinales ocupa el 2 lugar entre las diez primeras causas de morbilidad con un 7.39% (Hospital Regional Moquegua, 2020). Cabe precisar que cada ser humano evacúa de 100 000 a 400 000 millones de organismos coliformes al día, existiendo además una gran diversidad de bacterias como la *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio cholerae* (Quispe Perez, 2017).

En los ecosistemas naturales, los microorganismos viven en comunidades donde interactúan entre ellas y el medio ambiente para utilizar eficazmente los recursos disponibles (Rafieenia *et al*., 2022), los sistemas consorciados constituyen un campo emergente de la biotecnología, debido a las ventajas que ofrecen en términos de especialización del trabajo, adaptabilidad a cambios ambientales, capacidades ampliadas de bioprocesamiento (Rapp *et al*., 2020) y biodegradación (Said *et al*., 2020).

El papel de los microorganismos beneficiosos (BM) en el proceso de sedimentación oxica/anoxica está relacionado a la eficiencia de la reducción de lodos (Cheng *et al*., 2021; Meng *et al*., 2020),a medida que aumenta su número, aumenta la actividad de los microorganismos naturales, lo que enriquece la microflora, equilibrando el ecosistema

microbiano y suprimiendo los microorganismos patógenos (Centeno Calderón, 2019).

Las bacterias hidrolizadoras y fermentadoras pueden descomponer la materia celular (Meng *et al*., 2020), el ácido láctico es un poderoso agente bactericida que inhibe los microorganismos patógenos y aumenta la rápida descomposición de la materia orgánica (Centeno Calderón, 2019), es así que se da una conversión de propiedades de los lodos, gracias a la actividad deshidrogenasa y la diversidad microbiana (Cheng *et al*., 2021). La autolisis de los fangos incrementa las bacterias depredadoras que contribuyen a la descomposición de la biomasa (Semblante *et al*., 2017).

En consecuencia, a la problemática, se desarrolló un paquete biotecnológico sustentable para la reducción de carga microbiana patógena en lodos producidos en la PTAR OMO (Moquegua).

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1. Interrogante general

¿El desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable reducirá la carga microbiana patógena de los lodos producidos en la PTAR OMO (Moquegua)?

1.2.2. Interrogantes específicas

- ¿Se podrán aislar e identificar macro y microscópicamente los microrganismos con capacidad de biosaneamiento de muestras de frutas, lácteos y suelos, para su aplicación en lodos residuales de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua)?
- ¿La producción de paquetes biotecnológicos microbianos utilizando microorganismos con capacidad de biosaneamiento optimizará la eficiencia del tratamiento del lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua)?
- ¿Se presentarán algunas diferencias significativas en las características físicas y biológicas (antes y después) de los tratamientos con la aplicación de paquetes biotecnológicos microbianos en lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua)?

1.3. Justificación e importancia

La generación excesiva de lodos representa un problema para la sociedad, debido a que estos contienen diversos contaminantes, carga microbiana patógena, metales o microplásticos, que son vertidos directamente al mar o a la agricultura, lo que viene generando problemas para la salud y el medio ambiente. Esto se produce por un mal mantenimiento de la PTAR o un tratamiento insuficiente. Según el DS N.º 015-2017-VIVIENDA, Perú cuenta con normatividad sobre la disposición final de lodos, evidenciando que no existe un lugar de almacenamiento específico, ni lugares autorizados para su disposición final.

En la región Moquegua, la provincia de Mariscal Nieto tiene una población de 85 349.00 habitantes, según el último censo del 2017. La EPS Moquegua S.A. está a cargo del tratamiento de Aguas residuales de la PTAR OMO, teniendo como ámbito de cobertura solo el distrito de Moquegua, que corresponde a los sectores: Cercado, San Francisco, San Antonio, El Siglo, Mariscal Nieto, Chen – Chen, La Villa, Los Ángeles, El Valle y El Rayo (Pacheco Gomez, 2022).

El incremento de la producción de Aguas Residuales Urbanas en Moquegua y la acumulación de lodos en el fondo de las lagunas facultativas por falta de mantenimiento, reduce el periodo de retención afectando en forma negativa la remoción de los elementos contaminantes (Quispe Perez *et al*., 2020).

En octubre del 2017, la PTAR OMO extrajo un total de 3 850 m^3 de biosólidos de la laguna de oxidación, la cual se vendió a la Asociación Agroindustrial Los Pinos (Sunass, 2022). Debido a trámites burocráticos los biosólidos no continuaron con su venta, siendo dispuestos en los alrededores de las lagunas de la PTAR.

El tratamiento de aguas residuales permite la remoción de grandes cantidades de microorganismos patógenos, sin embargo, aún quedan concentraciones de estos en los lodos residuales (García Cárdenas, 2016).

En la presente investigación se buscó desarrollar un paquete biotecnológico microbiano sustentable que contribuya a la reducción de carga microbiana patógena en los lodos generados en la PTAR, este paquete contiene microorganismos benéficos extraídos de la región

Moquegua, los cuales fueron aislados, seleccionados, y aplicados en consorcios microbianos, facilitando la reducción de lodos, carga microbiana patógena y olores. Para obtener el paquete biotecnológico microbiano sustentable ganador, se realizaron diversas pruebas con estos con grupos consorciados se evaluaron la reducción de carga patógena en los lodos. Estos microorganismos consorciados incluyen bacterias fotosintéticas, ácido láctico y hongos fermentadores, que al utilizarlos redujeron drásticamente la carga patógena de lodos, los cuales serán inocuos para el medio ambiente y para los habitantes de la ciudad Moquegua.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR OMO (Moquegua).

1.4.2. Objetivos específicos

- Aislar, seleccionar e identificar macro y microscópicamente microorganismos con capacidad de biosaneamiento de muestras de frutas, lácteos y suelos para aplicación en lodos residuales de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua).
- Elaborar paquetes biotecnológicos microbianos utilizando microorganismos con capacidad de biosaneamiento para optimizar la eficiencia del tratamiento del lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua).
- Determinar las características físicas y biológicas del lodo (antes y después) de la aplicación de los paquetes biotecnológicos microbianos, en lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO – Moquegua).

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable reduce la carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR OMO (Moquegua).

1.5.2. Hipótesis especificas

- El aislamiento e identificación macro y microscópica de los microorganismos tienen la capacidad de biosaneamiento, a base de muestras frutas, lácteos y suelos, en la aplicación en lodos residuales de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua)
- La producción de paquetes biotecnológicos microbiano utilizando microorganismos con capacidad de biosaneamiento optimiza la eficiencia del tratamiento en lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua)
- Presenta una diferencia significativa en las características físicas y biológicas (antes y después) de la aplicación paquetes biotecnológicos microbianos en lodo residual de tipo municipal (PTAR OMO - Moquegua).

1.6. Variables

Tabla 1:
Variables de investigación

Variable Independiente				
Variable	**Definición conceptual**	**Definición operacional**	**Dimensiones**	**Indicadores**
Paquete biotecnológico	Los paquetes biotecnológicos, productos o insumos biológicos son productos obtenidos de organismos vivos o sus derivados, como hongos, bacterias, materia vegetal, enzimas u otros productos, mediante el uso de herramientas biotecnológicas pueden traer muchos beneficios a los representantes a largo plazo en la agricultura, especialmente para los productos. obtenidos sintéticamente por síntesis química (López Juárez, 2019).	El paquete biotecnológico estará compuesto por microorganismos benéficos extraídos del ambiente, de los cuales se identificarán por el género, capacidad de multiplicarse, características de las colonias y el control.	a) Composición microbiana – Genero – Identificación – Cantidad de colonias b) Condiciones de cultivo – Parámetros fisicoquímicos	a) Composición microbiana – Bacterias y hongos – Taxonomía clásica, bioquímica y bibliográfica – UFC/ml b) Condiciones de cultivo – Temperatura, pH y conductividad
Variable dependiente				
Variable	**Definición conceptual**	**Definición operacional**	**Dimensiones**	**Indicadores**
Lodos de PTAR	Son residuos sólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales que cuentan con alta concentración de materia orgánica, así como las excretas de instalaciones sanitarias *in situ* (Decreto Supremo, 2017).	El lodo es un subproducto del tratamiento de aguas residuales. Evaluación del impacto del paquete biotecnológico en características físicas, químicas y biológicas de los lodos residuales.	a) Peso de lodos b) Parámetros organolépticos c) Parámetros físicos-químicos d) Parámetros microbiológicos	a) Cantidad de lodos (kg) b) Color, olor y textura c) pH, temperatura, conductividad d) *Escherichia coli*, coliformes totales, coliformes fecales (coliformes termotolerables), *Salmonella sp,* y huevos de parásitos

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales:

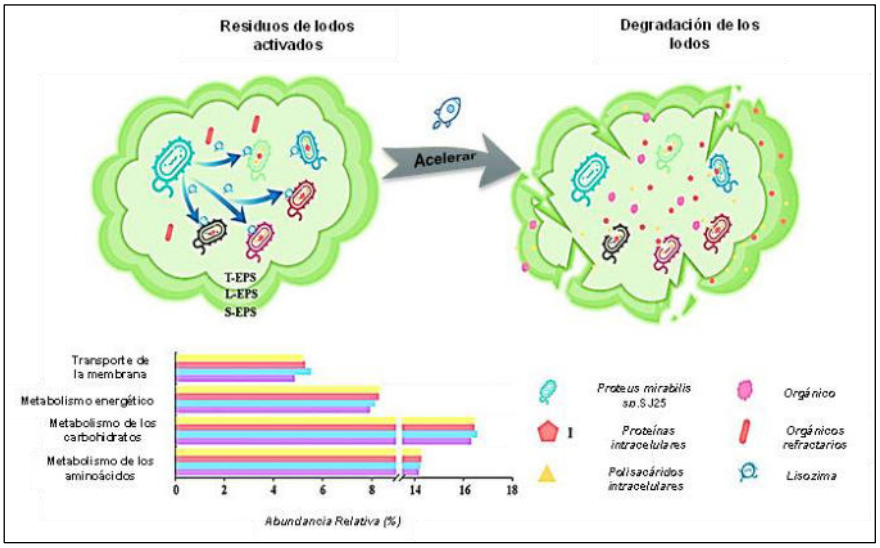
Schwarz *et al*. (2019), evaluaron la efectividad del sistema de estabilización de residuos (WSP) en la reducción de contaminantes patógenos en lodos. Donde examinaron los factores que afectan el destino y la concentración de patógenos humanos y sus indicadores en dos capas de lodo. Las tasas de descomposición de los cinco microorganismos probados se determinaron en condiciones *in situ* en WSP. Los niveles de fondo microbiano en heces se detectaron consistentemente (variedad: *E. coli* 10^4-10^6, *enterococos* 10^1-10^3, actinomicetos específicos de F (MS2) 10^1-10^3 y colifagos 10^1-10^4 UFC/mL^{-1}, así como 10^{-1} - 10^{-2} transcripción del gen mL1 del adenovirus humano en el grupo basal primario. Entre los microorganismos probados, las bacterias en general se deterioraron más rápido que los adenovirus y las bacterias, especialmente en la capa superior del lodo. Debido al rebrote de *E. coli,* tiene un valor limitado como indicador de la eliminación de patógenos en estanques de estabilización de aguas residuales. La abundancia de *E. coli* en el bioma del estanque, rastreando los cambios en la temperatura del estanque a lo largo del tiempo. Los resultados del estudio indican que el virus puede persistir durante mucho tiempo, especialmente en las capas profundas (>1 m) de arcilla, durante los meses de invierno (T90¼ 156 d). La presencia de patógenos humanos en los lodos de WSP, especialmente virus, puede ser una barrera para su reutilización útil en la agricultura. Los resultados indicaron que puede ser necesario un tratamiento adicional de lodos para reducir los riesgos potenciales para la salud pública asociados con la reutilización de lodos para fines agrícolas.

Cheng *et al.* (2021), estudiaron el papel de los microorganismos benéficos (BM) en el proceso de sedimentación anóxica (A-OSA) se correlaciona con la efectividad de la reducción de lodos *in situ* en el tratamiento de lixiviados en vertederos sintéticos. La tasa de reducción del exceso de lodo tras la inoculación con BM aumentó al 53,6 % (calculado por el total de sólidos en suspensión) y al 38,3 % (calculado por el volumen total), respectivamente. Los reactores de flujo lateral, que son componentes importantes del proceso A-OSA, se estudiaron con más detalle para explorar la variabilidad de los parámetros relacionados con la reducción de lodos *in situ*. Con la inoculación de BM, se incrementaron la liberación y conversión de macromoléculas extracelulares y la actividad deshidrogenasa (proporción = 60, 9%). La abundancia y diversidad de especies microbianas, así como la composición de la comunidad microbiana (bacterias hidrolíticas y fermentadores), se ven reforzadas por la biodegradación. Además, las posibles funciones de genes microbianos se regularon al alza y la abundancia de expresiones génicas (p. ej., *nir*K, *nor*B) podría mejorarse para la eliminación de lodos *in situ.*

Shi *et al*. (2022), determinaron las condiciones óptimas de inoculación mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM); asimismo, estudiaron la influencia de las bacterias en la morfología de los lodos, la liberación de materia orgánica y la composición de las sustancias poliméricas extracelulares (EPS); y exploraron el proceso de reacción de la dinámica de la comunidad de microorganismos. Para mejorar la descomposición aeróbica del lodo, se identificó una cepa productora de lisozima como *P. mirabilis sp.* Sj 25. Los resultados del método de respuesta superficial (RSM) mostraron que, a una temperatura de 30,8 °C, pH 6,69 y la cantidad de inóculo 2,81 %, la cantidad de lodo disminuyó en un 26,58 %. En comparación con el grupo de control, la eficiencia de eliminación de los sólidos en suspensión (SS) del lodo en el lote experimental aumentó en un 14,60 %, y la demanda química de oxígeno disuelto (SCOD) liberada aumentó en 2,21 veces y liberó la sustancia intracelular de manera significativamente;

Actinobacteria, Chloroflexi, Proteobacteria, Bacteroidota y Firmicutes son las principales divisiones involucradas en la reducción de lodos. La cepa SJ25 mejora la tasa de descomposición del lodo al liberar lisozima para lisar las bacterias, mejorando el metabolismo y el transporte transmembrana de carbohidratos y aminoácidos, como se observa en la **Figura 1**. Este estudio proporciona una nueva perspectiva en el campo de la descomposición eficiente de lodos.

Figura 1:
Como la cepa Proteus mirabilis sp.SJ25 ayudan a la degradación de residuos de lodos activados.



Fuente: *(Shi et al., 2022).*

Erdirencelebi & Mohammad (2022), analizaron el tratamiento de lodos de depuradora mediante digestión anaerobia paralela en el nivel mesófilo superior, se mejoró el rendimiento de la digestión de lodos mixtos (LM) de aguas residuales implementando el modelo de digestión en paralelo para lodos primarios (LP) y lodos secundarios (LS) (lodos activados de desecho) en forma de lodo biológico rico en aceites y grasas a un nivel neutro superior. La optimización de la tasa de carga orgánica (TCO) se realizó en digestores semicontinuos paralelos de a escala de banco para LP, LS y LM. Se evaluó el rendimiento de biosólidos y los parámetros de calidad relativamente evaluados fueron las tasas de producción de metano, la reducción de sólidos volátiles (VS), el contenido de aceite, grasa y nutrientes, la deshidratación y la conductividad eléctrica (CE). La optimización del TCO indicó diferentes requisitos de tiempo de retención para la estabilización

de LP y LS, dio como resultado una carga de 18 % y un 93 % mayor, presencia de VS reducida, respectivamente, en comparación con la digestión de LM. El efecto inhibidor siguió un patrón ascendente como resultado del aumento de TCO en cada línea de digestión actuando sobre la hidrólisis de la materia proteica y la a cetogénesis más que sobre la metanogénesis. Se detectó un elevado número de ácidos grasos de cadena larga en los lodos crudos. El efecto potenciador de la temperatura mesófila superior fue significativo en la digestión de los LS con un aumento de la biodegradabilidad, de la eliminación de aceites y grasas del crecimiento microbiano en comparación con la digestión a 35 ◦C. El sistema de digestión en paralelo y la temperatura mesófila superior demostraron ser una herramienta útil para mejorar la carga y la reducción de SV sin empeorar la deshidratabilidad de los biosólidos estabilizados como un modelo factible en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (EDAR) existentes y futuras. El punto débil de la digestión de los LM se diagnosticó como el menor grado de síntesis de la biomasa inducido por la dilución del sustrato en los LP por la mezcla de los LS, lo que debilitó la tolerancia microbiana a la alta TCO y a la inhibición. Los resultados indicaron el potencial de la digestión anaeróbica (DA) paralela, la importancia de la optimización de la TCO y la temperatura para mejorar el rendimiento o la flexibilidad de la práctica de la línea de lodos en las EDAR municipales.

Fan *et al.* (2021), evaluaron comparativamente el impacto de la difusión de Lodos Activados en el tratamiento simultáneo de los olores y las aguas residuales desde las perspectivas de la ingeniería, la microbiología y la ecología. Aunque la difusión de los lodos activados (LA) es prometedora para el control de los olores, todavía existe un desacuerdo sobre su eficiencia en el tratamiento de diversos odorantes, y sus mecanismos microbiológicos siguen siendo en gran parte desconocidos. En este trabajo se investigó la eficiencia de desodorización, el rendimiento del tratamiento de aguas residuales y los efectos microbiológicos y ecológicos de la difusión de LA en dos biorreactores de membrana (MBR) *in situ*. La difusión de LA eliminó ≥ 94,7% de H_2S y 100% de NH_3, mientras que otros odorantes se liberaron en bajas concentraciones. El sistema de difusión de olores también logró un rendimiento apreciable en el tratamiento de aguas residuales (fosfato efluente a 0,13 ± 0,12 mg/L, DQO a 12,1 ± 1,8 mg/ L, y nitrógeno total a 5,9 ± 1,8 mg-N/L), mientras que se mitigó el ensuciamiento de la membrana. En particular, los sustratos y nutrientes de las aguas residuales afluentes, además de los ajustes del sistema MBR, afectaron significativamente al rendimiento del sistema, a los principales taxones funcionales y a la dinámica de la comunidad bacteriana. El modelo ecológico nulo y el análisis de la red revelaron que la difusión de olores reforzó los procesos deterministas basados en el nicho (es decir, la selección ambiental) y provocó interacciones microbianas más negativas e intensas. La competencia por los productos orgánicos aumentó, y algunas bacterias hidrolíticas se convirtieron en taxones clave en el sistema de difusión de olores. Los resultados proporcionan una valiosa orientación para establecer sistemas de LA, son eficientes para el tratamiento integrado de aguas residuales y olor.

Deepnarain *et al*. (2020), evaluaron los riesgos potenciales para la salud asociados con la descarga o reutilización de efluentes de EDAR que experimentan acumulación de lodos. Durante el abultamiento de los lodos en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), se liberan al medio ambiente elevadas cantidades de bacterias potencialmente patógenas que provocan diversos riesgos para la salud humana. Este es el primer estudio que evalúa la contaminación bacteriana asociada con la reutilización de aguas residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en diferentes condiciones de recolección. Se cuantificaron tres patógenos comunes transmitidos por el agua, a saber, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* y *Mycobacterium*, a partir de EDAR a escala completa, utilizando la extracción de ADN y la qPCR en diferentes índices de volumen de lodos (IVL). Los patógenos detectados se incluyeron en un modelo de evaluación de riesgos microbiológicos cuantitativos (ECRM) para determinar la aplicabilidad de las descargas de las plantas de tratamiento de aguas residuales a las actividades recreativas (baño) y prácticas agrícolas. Las exposiciones del ECRM fueron niños, mujeres y hombres durante el baño, y agricultores y consumidores de verduras durante el riego. La abundancia de bacterias en las aguas residuales tratadas aumentó en respuesta a IVL, y los valores de ECRM en todos los eventos proporcionados excedieron el riesgo tolerable de una infección por cada 10,000 personas por año. Por lo tanto, se han formulado hipótesis sobre varios escenarios de esterilización (cloración, UV y ozonización) para controlar los riesgos asociados con las bacterias patógenas, lo que permite la eliminación y reutilización de las aguas residuales tratadas. La aplicación ultravioleta proporcionó la mayor capacidad de inactivación de las bacterias patógenas, excepto en el caso de los niños expuestos a la infección por *Salmonella* durante el baño. La reducción de los riesgos de infección por *Mycobacterium* con la cloración o la ozonización mostró resultados ineficaces. Este estudio sería útil para la gestión de los riesgos para la salud humana asociados a los efluentes de aguas residuales que contienen agentes patógenos, es decir, en particular en lo que respecta al caso del abultamiento de los lodos.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

Beltrán Beltrán & Campos Riveros (2016), definieron los efectos de microorganismos efectivos (EM) en el tratamiento de agua y el exceso de lodo para PTAR Jauja. La aplicación de microorganismos efectivos se ha implementado durante el proceso posterior en la solución o estimulándolo, porque estas evaluaciones se realizan en 0; 30; 60 y 90 días después del tratamiento para determinar los efectos de estos microorganismos en la calidad de las aguas residuales (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, solidos totales en suspensión, olor, color (aspecto) y temperatura) y el lodo residual (pH, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, olor y color (aspecto)). Los resultados mostraron que los EM tuvieron efectos en las aguas residuales en los siguientes parámetros: el aceite y la grasa, el DBO, el color (apariencia), el calor y coliforme, así como la eficiencia, los EM reducen el DBO, DQO, solidos totales y olores; obteniéndose más eficiencia después de 90 días del tratamiento; mejorando así las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales. Comparando estos resultados, lo que sugiere que los microorganismos efectivos mejoran las condiciones físicas y biológicas de las aguas residuales; sin embargo, los efectos de los microorganismos efectivos en los materiales completamente sólidos no pueden reducirse en la suspensión y las colonias térmicas no pueden reducirse a los 5 límites máximos establecidos por D.N ° 010-2010-MINAM. Los EM fueron efectivos para controlar exceso de lodos, lo que reduce en gran medida el nivel de coliformes termotolerantes, grasas y aceites.

Cupe Flores & Juscamaita Morales (2018), elaboraron un Abono Liquido Acelerado (ALA) usando lodos residuales de industria cervecera provisto por la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa AMBEV Perú S.A.C. ubicada en San Juan de Lurigancho – Lima, a través de fermentación homoláctica, empleando para ello el consorcio microbiano B-lac y melaza. Se tomaron 24 combinaciones diferentes y un control, que fueron tratados por 5 días a 40 °C, bajo un diseño completo al azar con

arreglo factorial 5x5. Asimismo, se utilizó la prueba de agrupación de Tukey ($p<0.05$) para determinar diferencias significativas entre tratamientos y la de Mínimos Cuadrados para las medias. El mejor tratamiento fue el T9 con 20% melaza y 5% B-lac, presentando el menor pH (3.13) y el mayor porcentaje de ácido láctico (3.71%), manteniendo su estabilidad por 30 días. La evaluación microbiológica del T9 estuvo libre de coliformes totales, coliformes fecales y parásitos; además, según el análisis agronómico, se obtuvieron para el abono líquido acelerado (ALA): 12.94 % de materia orgánica, 1825.6 ppm, 600 ppm y 5800 ppm de N, P y K respectivamente. En cuanto a análisis de metales pesados Pb, Cd y Cr estuvieron dentro de los límites permisibles, según normativa internacional. Se realizo una prueba de bioensayo de toxicidad en semillas de lechuga *(Lactuca sativa)* donde se determinó que la dosis 0.1% del ALA no fue perjudicial para la germinación y crecimiento normal de las plántulas, verificándose por un Índice de Germinación (IG) mayor de 80% (94.9%). En conclusión, el abono orgánico de lodo residual de industria cervecera mostró una buena calidad agronómica.

Altamirano Guerreros (2019), estabilizó residuos en la PTAR de Cieneguilla utilizando microorganismos benéficos durante la digestión anaerobia y el pre-compostaje. Tiene una metodología tipo aplicada, de nivel correlacional, diseño experimental y muestreo no probabilístico. Para conseguir la estabilización de los lodos residuales en cuanto a desodorización y eliminación de patógenos se llevaron a cabo dos procesos: fermentación anaeróbica y pre-compostaje. El primer proceso tuvo una duración de 15 días y se mantuvo a una temperatura constante de 30 °C, mientras que el segundo proceso tuvo una duración de 16 días. Asimismo, se evaluaron cuatro métodos de tratamiento, los cuales se caracterizan por tener diferentes concentraciones de microorganismos benéficos: 0%, 5%, 10% y 15% de partículas sólidas totales. Los resultados mostraron que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento 2, que contenía un 10% de microorganismos benéficos, lo que redujo la concentración de H_2S a 0 ppm; *E. coli* con 0 NMP 1 g de ST, *Salmonella* con 0 NMP en

10 g de ST y huevos de parásitos vivos con 0 NMP en 4g de ST. Además, se determinó que los biosólidos obtenidos del tratamiento 02 pueden ser utilizados como acondicionador de suelos, ya que cumple con el Decreto Supremo Nº 15-2017-VIVIENDA para parámetros de higiene.

Delgado Rojas (2019), realizó la aplicación de microorganismos activos (Agua EM) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las entradas del biorreactor de la PTAR. La metodología se basó en utilización de 12 unidades experimentales, separado en grupos de 3, suplementando con agua EM en dosis del 4%, 6% y 8% de las unidades de control; durante 39 días se realizó el seguimiento de parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad) y cambio de temperatura. Los principales resultados presentados fueron la estabilidad de los parámetros de campo como pH, oxígeno disuelto, conductividad, y variación de la temperatura. Además de la disminución del recuento de coliformes fecales, el aumento de los contaminantes metales, la correlación directa de DBO y DQO con la dosis de EM agua a 6%, la dispersión de aceite y grasa, sólidos suspendidos totales. En conclusión, el uso de EM Agua permitió la reducción de algunos parámetros biológicos, físicos y químicos, en el caso de algunos metales este tuvo un aumento.

Cárdenas Vásquez (2022), evaluó la eficiencia del tratamiento de lodos residuales secundarios de la fermentación del ácido láctico para remover la carga microbiana patógena utilizando indicadores de contaminación fecal: *Coliformes fecales, E. coli, salmonella* y huevos de parásitos vivos. De esta forma, el lodo residual fue tratado 16 veces con melaza de caña en proporciones de 0%, 6%, 12% y 18% (p/p) y bacterias ácido lácticas (Biolac) como inóculo, 6% y 9% (p/p) (w/w) según con un diseño completamente al azar (DCA) con permutación factorial 4 x 4. La interacción entre la melaza y Biolac (B-Lac) se probó utilizando la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 y mínimos cuadrados. Los tratamientos se evaluaron durante un período de 30 días y demostraron que los tratamientos con 3 % de Biolac (B-Lac) y 18 % de melaza fueron los mejores tratamientos para lograr el pH mínimo especificado de 3.54 y la mayor acidez en el menor tiempo (5 días) Ácido láctico al 2,19%. Además, al quinto día del proceso de fermentación se obtuvo un producto final con Coliformes fecales <3 NMP/g, *Escherichia coli* <3 NMP/g, 25 g de *Salmonell*a y huevos de parásitos <1 NMP/4g, en cuanto a sus parámetros higiénicos, Cumple con los requisitos legales para plantas de tratamiento de aguas residuales para la reutilización de lodos.

Antacahuana & Rivera (2024), evaluaron la influencia de los microorganismos en la producción de compost del lodo residual de la PTAR Omo – Moquegua, mediante un diseño experimental al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones, con una cantidad aproximada de 12 kg en cada caja. Se considero un tratamiento control, un tratamiento EM compost, EM agua y por último un tratamiento MENDE. Se monitoreo parámetros fisicoquímicos teniendo como resultado un incremento significativo en el parámetro de pH de 5.2 a 6.2, cerca de la neutralidad, de igual manera la conductividad se incrementó se elevó de 211 a 537.8 mS/m, debido a la mineralización de la materia orgánica por la alta concentración de nutrientes y sales. El porcentaje de materia orgánica oscila entre 27.3 a 71.29%, dato de gran importancia para la obtención de compostaje, otro nutriente importante que se elevó

significativamente fue el fosforo como indicador esencial del crecimiento y salud de los cultivos, sin embargo, el porcentaje de nitrógeno fue reducido. Y finalmente, se obtuvo un incremento de la temperatura, debido a la alta actividad microbiana en cada tratamiento, relacionada con la degradación de la materia orgánica de los residuos orgánicos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Bacterias:

2.2.1.1. Bacterias fotosintéticas:

Las bacterias fotosintéticas utilizan la energía del sol para producir sus propios alimentos. Bajo la influencia de la luz solar, el dióxido de carbono y el agua se convierten en glucosa y oxígeno, luego, la glucosa se convierte en energía utilizable. La glucosa es "alimento" para las bacterias (Fundación CK-12, 2023).

2.2.1.2. Bacterias ácido-lácticas:

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) son un grupo heterogéneo de microorganismos caracterizados por la producción de ácido láctico a través de la fermentación de carbohidratos. Son cocos o bacilos grampositivos, no formadores de esporas, móviles, anaeróbicos o microaerófilos, oxidasa y catalasa negativos. Están ampliamente distribuidos en la naturaleza y aislados de una variedad de nichos, incluidos alimentos, plantas y diversos hábitats animales, incluido el tracto gastrointestinal. Los principales géneros que comprenden las BAL son *Lactococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus y Streptococcus* (Requena, 2018).

2.2.2. Hongos:

Los hongos son un gran grupo de organismos cuyos orígenes se estima que se remontan a hace aproximadamente mil quinientos millones de años. Aunque hoy en día se consideran pertenecientes al Reino *Fungi* o *Eumycota* (Nikolaeva Zvezdanova, 2022).

La mayoría de ellos contienen núcleos haploides; sin embargo, algunas células de hifas pueden tener múltiples núcleos por compartimento e incluso algunas especies de levaduras parecen ser diploides. Su reproducción puede ser sexual o asexual, produciendo esporas únicas para cada género, lo que contribuye a su clasificación taxonómica. Suelen desarrollarse en finos filamentos llamados hifas, con crecimiento apical, es decir, crecen sólo desde las puntas de las hifas, y en conjunto se denominan micelio (Correa Vasquez, 2018)

2.2.2.1. Desarrollo morfológico

Pueden aparecer de diferentes formas: como célula o como grupo. Se pueden dividir en:

a) **Hongos levaduriformes:** Los hongos unicelulares se reproducen por gemación o fisión. Sólo unas pocas especies son dimórficas; es decir, pueden cambiar de una morfología similar a una levadura a una morfología de crecimiento similar a un micelio (Correa Vasquez, 2018).

b) **Hongos filamentosos:** Hongo multicelular compuesto de micelio o hifas, que pueden tener o no septos. También presentan micelio aéreo en el que están presentes estructuras reproductivas de diversas formas y tamaños. Las diferencias en la morfología de las estructuras reproductivas ayudan a determinar el género de los hongos (Correa Vasquez, 2018)

2.2.2.2. Hongos filamentosos:

Los hongos filamentosos son microorganismos eucariotas que se reproducen de forma natural mediante esporas y son aeróbicos facultativos que se reproducen sexual o asexualmente. Una característica común de los hongos es la falta de clorofila, por lo que no pueden realizar la fotosíntesis y deben obtener nutrientes de la materia orgánica (Arias Cifuentes & Piñeros Espinosa, 2008). Muchos hongos actúan descomponiendo la materia orgánica compleja en formas químicas simples que pasan a formar parte del suelo y pueden ser absorbidas por otras generaciones de plantas, manteniendo así la fertilidad del suelo (L. Suárez & Peñaranda, 2022).

- **La estructura fúngica:** Está formado por un complejo llamado talo o micelio, que a su vez está formado por varios filamentos o hifas. La mayoría de los hongos son estacionarios, aunque algunos pueden tener células reproductoras móviles. Las esporas son cuerpos duraderos formados por hongos en estado latente o inactivo y se producen de dos formas diferentes: sexual y asexualmente (Arias Cifuentes & Piñeros Espinosa, 2008).

- **Fisiología:** Los hongos filamentosos están adaptados a condiciones más duras que otros microorganismos; se desarrollan en sustratos con una alta concentración de azúcares de hasta el 10%, ya que estos microorganismos no son sensibles a la alta presión osmótica; la tasa de crecimiento es muy lenta, dura de 5 a 7 días y es resistente a condiciones de acidez relativamente alta (valor de pH de 2 a 9, valor de pH óptimo: 5-6) (Arias Cifuentes & Piñeros Espinosa, 2008).

2.2.3. Plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR o PTAR):

Una planta de tratamiento de aguas residuales puede ser considerada como un componente de los subsistemas urbanos y periurbanos, los cuales están vinculados a otros elementos o subsistemas, y a través de la circulación de energía provocan cambios, alterando el estado de otros elementos. Como resultado, las aguas residuales ingresan a este componente del subsistema urbano, son tratadas física, química y biológicamente, de las cuales se extraen muchos contaminantes y se producen productos distintos al agua tratada. A su vez, el metano y los lodos se devuelven al sistema municipal. Subsistema semiurbano, subsistema rural o sistema agrícola como subproducto o sólidos biológicos (Delgado Rojas, 2019). Se pueden asegurar 3 pasos en una PTAR: tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento terciario.

2.2.3.1. Tratamiento primario:

El tratamiento primario toma el desagüe crudo y retira el 40 y el 60% de los sólidos atrapados. El tratamiento que ocurre en esta parte del proceso es puramente mecánico. El conjunto de pasos que componen el tratamiento inicial a veces se denomina clarificación. El propósito de este proceso es eliminar la turbidez, las partículas sólidas y materiales flotantes. Dado que estos contaminantes interfieren con los procesos de tratamiento posteriores, deben eliminarse primero (Troconis, 2010).

2.2.3.2. Tratamiento secundario:

El tratamiento secundario del agua es la última etapa del tratamiento antes de la desinfección y el retorno del agua al

ecosistema. Un tanque de tratamiento secundario recibe las aguas residuales del filtro primario y del dispositivo aeróbico después de la evacuación inicial de lodos y las impurezas de la superficie. En este punto, se ha eliminado el 40-60% de los sólidos. El tratamiento secundario elimina más. Después de este paso, se evacúa el 90% de los contaminantes. El equipo utilizado es un tanque de aireación que suministra una gran cantidad de aire a una mezcla de aguas residuales, bacterias y otros microorganismos. El oxígeno en el aire acelera el crecimiento de microorganismos benéficos que consumen materia orgánica dañina en las aguas residuales (Troconis, 2010).

2.2.3.3. Tratamiento terciario:

El tratamiento terciario es el proceso más completo para tratar el contenido de aguas residuales, pero no se ha adoptado ampliamente porque es muy costoso. El objetivo del tratamiento terciario es eliminar las cargas orgánicas residuales y otros contaminantes que no se eliminan en el tratamiento secundario, como nutrientes, fósforo y nitrógeno. Estos incluyen procesos físicos y químicos especiales mediante los cuales el agua se purifica de contaminantes específicos: fósforo, nitrógeno, metales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. La mejor opción para el tratamiento terciario es agregar uno o más tanques en serie a una planta de tratamiento convencional (Troconis, 2010).

2.2.4. Lodos:

Se trata de un residuo sólido del tratamiento de aguas residuales con un alto contenido orgánico, característica que se aplica principalmente a los lodos obtenidos durante el tratamiento primario y secundario, así como a los residuos de las instalaciones de saneamiento *in situ* (Decreto Supremo, 2017).

2.2.4.1. Origen de los lodos:

a) Lodos urbanos:

Las aguas residuales domésticas y municipales, también conocidas como aguas negras, son las aguas generadas a partir de las aglomeraciones urbanas debido a los vertidos de las actividades humanas. El tratamiento de este tipo

de aguas residuales produce un subproducto conocido como lodos municipales, que proceden principalmente de balsas de oxidación o depuradoras (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2022).

b) Lodos industriales:

Este tipo de material se genera a partir de aguas residuales de actividades industriales. En general, este tipo de agua contiene un alto contenido de sustancias nocivas, elementos pesados, iones metálicos, químicos, hidrocarburos y detergentes que contaminan los recursos más que las aguas residuales domésticas (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2022).

2.2.4.2. Clasificación de lodos:

a) Lodos aprovechables:

Es un lodo producido durante el procesamiento que puede usarse directa o indirectamente para reciclaje, compostaje y generación de energía. La mayor parte de los lodos producidos durante el tratamiento aeróbico y anaeróbico en las plantas de tratamiento de aguas residuales se pueden utilizar como fertilizantes, aditivos y acondicionadores del suelo después de la estabilización (Rincon Carreño, 2019).

b) Lodos no aprovechables:

Son lodos que no tienen propiedades aprovechables, como baja o nula carga orgánica o muy bajo poder calorífico, y pueden eliminarse con los residuos sólidos urbanos en vertederos. Esta categoría está destinada a redes gruesas y finas de plantas de tratamiento de aguas residuales (Rincon Carreño, 2019).

c) Lodos peligrosos:

Se refieren a sustancias que encierran peligro y ciertos efectos sobre la salud humana en el medio natural, por lo que deben ser destruidas en determinados lugares.

Los términos lodo y biosólidos a menudo se confunden. La principal diferencia es que los biosólidos ya son lodos estabilizados, es decir, han sido sometidos a un proceso de tratamiento destinado a reducir la fermentabilidad, la atracción de vectores y la patogenicidad, en un esfuerzo por reducir el grado de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización (Rincon Carreño, 2019).

2.2.4.3. Tipos de lodos:

Los lodos provenientes de los PTAR constituyen una mezcla entre las aguas residuales y sólidos sedimentados. Por su origen se clasifican en:

a) Lodos primarios:

Este lodo se produce en el proceso de tratamiento primario de aguas residuales. El lodo en el fondo del tanque de sedimentación primario también se considera lodo primario. Las características de estos residuos varían en función de las características de la cuenca y suelen contener materia orgánica, hortalizas, frutas, papel, etc. y el contenido de humedad oscila entre el 93% y el 97% (García Cárdenas, 2016).

b) Lodos secundarios:

Este tipo de lodos se producen durante el tratamiento biológico de sustratos solubles de residuos o biomasa. También incluye partículas que quedan en el agua después de la precipitación inicial y se incorporan a la biomasa. La cantidad producida depende de varios factores tales como: eficiencia del tratamiento primario, relación de SST (sólidos suspendidos totales) a DBO (demanda bioquímica de oxígeno), cantidad de sustrato soluble, eliminación de nutrientes y criterios de planificación del tratamiento (García Cárdenas, 2016).

c) Lodos terciarios:

El lodo terciario se produce mediante procesos avanzados de tratamiento de aguas residuales, como la precipitación química y la filtración. Los productos químicos utilizados en los procesos avanzados de tratamiento de aguas

residuales, como el aluminio, el hierro, la sal, la cal o los polímeros orgánicos, aumentan la masa del lodo y, a menudo, el volumen (García Cárdenas, 2016).

2.2.4.4. Clasificación de lodos residuales

La Norma 503 de la EPA, estándares para la aplicación y disposición de lodos de aguas residuales (40 CFR Part 503 Rule: Standard for Use and Disposal of Sewage Sludge) define dos tipos de biosólidos con respecto a la reducción de agentes patógenos (Gálvez, 2014), dependiendo del grado de tratamiento que hayan recibido:

- **Lodos clase A:** Son aquellos sin restricciones sanitarias para su disposición benéfica al suelo, es decir (coliformes fecales < 1.000 NMP/g de lodo). La EPA utiliza el término “Exceptional Quality Biosolids” (EQ) o Biosólidos de Calidad Excepcional, para aquellos biosólidos de reducción de patógenos de la Clase A y que contienen bajos niveles de metales y no atraen a vectores (EPA/832-F-00-064, 2000).
- **Lodos clase B:** Son aquellos aptos para su disposición benéfica al suelo, con restricciones sanitarias de aplicación según tipo y localización de los suelos (coliformes fecales < 2.000.000 NMP/g de lodo). La EPA utiliza el término “Pollutant Concentration Biosolids” (PC) a aquellos biosólidos que también logran bajos límites de concentración de contaminantes que los EQ, pero incrementa la atracción a vectores (EPA/832-F-00-064, 2000).

2.2.4.5. Características Físicas de lodos:

a) **Conductividad:** La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sal presente en el suelo o los biosólidos. La CE se analiza para determinar si las sales solubles están presentes en cantidades suficientes para afectar la germinación adecuada de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua de las plantas (Gomez Molina & Merchan Bermudez, 2016).

b) **Temperatura:** Los cambios de temperatura afectan la reproducción y el crecimiento bacteriano en proporción directa al tratamiento utilizado (Aguero Cruz, 2019).

c) **pH:** Los microorganismos patógenos son capaces de sobrevivir en un determinado rango de pH, porque los ambientes de pH ácido o alcalino no son favorables para su supervivencia. Por lo tanto, este factor determina el proceso (Llivichuzca Guapisaca, 2016).

2.2.4.6. Características biológicas del lodo:

a) **Coliformes termotolerantes (fecales) y totales:**

Los coliformes se refieren a un grupo de especies bacterianas que comparten ciertas características bioquímicas y son de relativa importancia como indicadores de contaminación de agua y alimentos.

No todos los coliformes se originan en las heces, por lo que se deben desarrollar pruebas para distinguirlos antes de que puedan usarse como indicadores de contaminación. Por tanto, se hace una distinción entre coliformes totales (que componen toda la población) y coliformes fecales (coliformes de origen intestinal) (Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, 2017).

b) Escherichia coli:

Escherichia coli (*E. coli*) es una bacteria perteneciente al género Enterobacteriaceae. Por lo general, se encuentra en los intestinos (incluidos los humanos) y, por lo tanto, en las aguas residuales (Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, 2017).

c) Salmonella:

Salmonella es un género de bacterias perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, compuesta por bacilos gramnegativos, bacterias anaerobias facultativas rodeadas de flagelos peritricola que no forman cápsulas ni esporas. Son bacterias móviles que producen sulfuro de hidrógeno (H_2S) (Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, 2017).

d) Huevos de parásitos:

Los huevos de parásitos son un grupo de organismos que incluye nematodos, trematodos, tenías y todos los gusanos parásitos de vida libre de cualquier variedad, forma o tamaño. Los helmintos suponen un gran riesgo para la salud humana porque son muy persistentes y en altas concentraciones en aguas contaminadas y lodos crudos (huevos embrionarios o larvas), afectando al suelo y la vegetación para el reciclaje de estos productos (Llivichuzca Guapisaca, 2016).

2.2.4.7. Características organolépticas del lodo:

a) Color: Los colores reflejan la edad de las aguas residuales. Las aguas residuales frescas suelen ser grises, pero a medida que las bacterias descomponen los compuestos orgánicos, el oxígeno disuelto cae en las aguas residuales y el color se vuelve negro (Lopez Mestanza, 2018).

Figura 2:

Sistema de notación de color Munsell y atributos cromáticos en húmedo y seco

Atributos	Suelo 1		Suelo 2	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo oscuro Amarillo 10YR4/6	Amarillo 10YR7/6	Amarillo pálido 2.5Y7/3	Amarillo pálido 2.5Y8/2
L*	42.36	48.60	71.59	83.32
a*	15.23	13.82	6.02	3.57
b*	28.15	29.08	19.25	14.02
Color				

Atributos	Suelo 5		Suelo 6	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo pálido 5Y8/4	Amarillo pálido 5Y8/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR5/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR3/4
L*	70.89	77.29	28.44	34.16
a*	0.88	0.69	13.68	11.90
b*	22.05	14.00	13.61	12.03
Color				

Atributos	Suelo 3		Suelo 4	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo olivo claro 2.5Y5/3	Gris pardo claro 2.5Y6/2	Pardo oscuro 7.5YR3/2	Gris 7.5YR5/1
L*	51.95	61.89	34.09	49.66
a*	4.62	3.35	6.92	4.14
b*	17.23	14.37	5.76	4.15
Color				

Atributos	Suelo 7		Suelo 8	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Olivo oscuro grisáceo 5Y3/2	Olivo grisáceo 5Y4/2	Pardo fuerte 7.5YR2.5/3	Pardo oscuro 7.5YR3/2
L*	28.51	38.57	28.63	35.60
a*	3.59	3.13	9.76	7.95
b*	10.67	10.07	12.27	10.35
Color				

Atributos	Suelo 9		Suelo 10	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo olivo 2.5Y6/8	Amarillo 2.5Y7/6	Amarillo pálido 5Y7/3	Olivo pálido 5Y6/3
L*	58.27	65.78	57.80	67.51
a*	8.38	6.05	3.13	2.41
b*	31.40	25.60	22.63	18.93
Color				

Atributos	Suelo 13		Suelo 14	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo amarillo claro 10YR6/4	Pardo amarillo 10YR5/8	Rojo pálido 2.5YR7/2	Rojo débil 2.5YR5/2
L*	53.52	59.24	53.06	72.38
a*	13.32	10.85	8.75	5.51
b*	38.15	32.53	10.84	8.46
Color				

Atributos	Suelo 11		Suelo 12	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo pálido 2.5Y8/3	Amarillo 2.5Y8/6	Gris claro 5Y7/2	Amarillo pálido 5Y7/3
L*	67.45	78.82	62.66	68.98
a*	6.75	4.45	0.29	0.21
b*	28.93	22.42	19.19	14.39
Color				

Nota: Luminosidad: L^* (negro= 0, blanco= 100), coordenadas de cromaticidad: a^* (rojo> 0, verde< 0), b^* (amarillo $b^* > 0$, azul $b^* < 0$).

Fuente:(Domínguez Soto et al., 2018).

b) Olor: El olor se debe a los gases que se forman durante la descomposición de la materia orgánica, especialmente por la presencia de sulfuro de hidrógeno y otras sustancias volátiles.

Las aguas residuales frescas tienen un olor peculiar, un poco desagradable, pero más tolerable que las aguas residuales de las fosas sépticas, se puede observar en la **Tabla 2** (Lopez Mestanza, 2018).

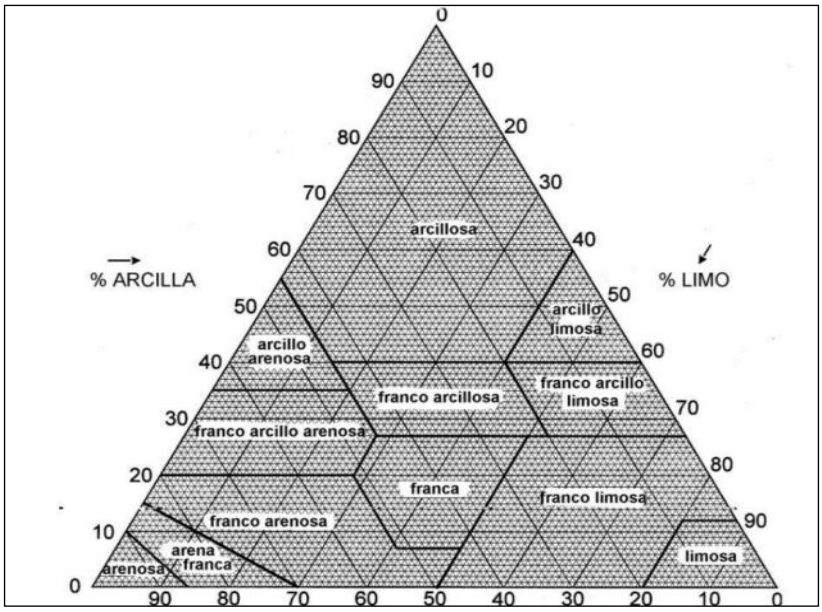
Tabla 2:
Intensidad de un olor.

Olor	Nivel de intensidad
No perceptible	0
Muy débilmente perceptible	1
Débilmente perceptible	2
Distinguible	3
Fuerte	4
Muy fuerte	5
Extremadamente fuerte	6

Fuente:(Diaz Jimenez, 2023).

c) Textura: La prueba determina la proporción en que se encuentran en el suelo las partículas de arena, limo y arcilla. Para conocer estas proporciones se requiere lograr la separación de cada una de esas partículas del conglomerado del suelo, basándose en la influencia de la gravedad. De acuerdo con el porcentaje de las mismas, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha establecido 12 clasificaciones (Cruz Quijada, 2015).

Figura 3:
Diagrama textural de la USDA



Fuente: (Juan Manuel et al., 2022).

2.2.5. Paquete biotecnológico:

Los productos o insumos biológicos son productos obtenidos de organismos vivos o sus derivados, como hongos, bacterias, materia vegetal, enzimas u otros productos, mediante el uso de herramientas biotecnológica (López Juárez, 2019).

2.2.5.1. Microorganismos Eficientes (EM):

El término " Microorganismos Eficaces " se usa para referirse a cultivos mixtos específicos de microorganismos beneficiosos conocidos que se usan activamente como productos microbianos (Beltran Beltran & Campos Riveros, 2016).

El Dr. Teuro Higa, profesor de horticultura en la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, inventó en la década de 1980 una técnica que involucraba el uso eficiente de microorganismos. Se trata de un método de cultivo mixto de microorganismos naturales beneficiosos, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles entre sí (Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2016).

Principales microorganismos eficientes son:

a) **Bacterias ácido-lácticas:** Son microorganismos que tienen muy diversas aplicaciones, y uno de sus principales usos es la fermentación de alimentos las BAL se considera tolerante a los ácidos, por lo que algunos pueden crecer a valores de pH tan bajos como 3,2; otros con valores de hasta 9,6; la mayoría crece a un pH entre 4 y 4,5. Estas propiedades le permiten sobrevivir naturalmente en ambientes donde otras bacterias no pueden sobrevivir. Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus, Bidobacterium, Lactococcus, Streptococcus y Pediococcus,* que pueden ser aisladas a partir de alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas y los tractos respiratorio, intestinal y vaginal de animales homeotérmicos entre otros (Morocho & Leiva mora, 2019).

b) **Bacterias fotosintéticas:** Es un grupo de microorganismos representados principalmente en las especies *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*,

facultativamente autótrofos. Este grupo utiliza moléculas orgánicas producidas por las secreciones de las raíces de las plantas como fuente de carbono y utiliza la luz solar y el calor de la tierra como fuentes de energía (Morocho & Leiva mora, 2019).

c) **Hongos:** Las levaduras son un grupo de microorganismos presentes en una preparación EM capaces de utilizar una variedad de fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado, alcohol) y energía. Varias especies del género *Saccharomyces* componen esta comunidad microbiana, aunque predominan las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida useis.* Estos microorganismos necesitan amoníaco, urea o sales de amonio y una mezcla de aminoácidos como fuentes de nitrógeno. No pueden absorber nitratos o nitritos (Morocho & Leiva mora, 2019).

2.3. Definición de términos

a) **Actividad deshidrogenasa:** Indicador preciso y sensible, reconocido y utilizado para evaluar la actividad biológica del suelo y la estabilidad de varios tipos de desechos (Lopez Martinez et al., 2016).

b) **Autolisis:** Proceso en el que las células se digieren bajo la influencia de sus propias enzimas (Portillo, 2020).

c) **Batimetría:** Es parte de la altimetría y está diseñado para medir partes de la tierra debajo del nivel freático, como ríos, lagunas, represas, etc. (Machado Junior, 2022).

d) **Biodegradación:** Descomposición orgánica por parte de microorganismos en la que los materiales pueden convertirse en sustancias más simples y así contribuyen al reciclaje de nutrientes o a la eliminación de contaminantes en la naturaleza (Gómez Alarcón & Sáiz Jiménez, 2013).

e) **Bioproceso:** Proceso específico que utiliza microorganismos o enzimas para producir un producto específico. Algunos sustratos se convierten en biomasa y productos por acción de estos microorganismos (Arévalo Aguado, 2011).

f) **Biotecnología:** Tecnología que utiliza las propiedades de los seres vivos, para: producir y transformar alimentos, producir sustancias con efectos medicinales y resolver problemas relacionados con el cambio ambiental (Wilches Flórez, 2010).

g) **Biosaneamiento:** Es un proceso que utiliza la capacidad de ciertos microorganismos como bacterias, levaduras y hongos para convertir estos compuestos en sustancias inocuas o menos tóxicas que las sustancias originales (Rondon R., 2002).

h) **Inoculación:** La introducción intencional o accidental de un virus u otra sustancia (Alpízar Castillo, 2014).

i) **Consorcio microbiano:** Es la asociación natural de dos o más grupos de microorganismos, de diferentes especies, que trabajan juntos como una comunidad en un sistema complejo donde todos se benefician de las actividades de los demás (Ochoa Carreño & Montoya Restrepo, 2010).

j) **Digestión aerobia:** Es un proceso biológico que oxida la materia orgánica o lodos en presencia de oxígeno (Rodríguez Antolín et al., 2019).

k) **Digestión anaeróbico:** Conocido también como biometanización, es un proceso que se da en ausencia de oxígeno y pasan por etapas en las que interviene un grupo heterogéneo de microorganismos, que degradan la materia orgánica (González Cabrera, 2014).

l) **Morbilidad:** Es el indicador epidemiológico que mide la incidencia de enfermedades (Suescún Montoya, 2014).

m) **Sostenible:** Continuar la producción a niveles económicamente viables utilizando tecnologías y prácticas de gestión aceptadas para mantener condiciones sostenibles en el ecosistema agrícola (Tapia, 2023).

n) **Sustentable:** Los activos valiosos deben compartirse equitativamente entre las generaciones actuales y futuras del planeta (Tapia, 2023).

o) **Patógenos:** Es la propiedad, asociada a diversos elementos estructurales o funcionales, que poseen determinados microorganismos que pueden causar daño al huésped (Cisterna Cáncer, 2007).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

El presente estudio es de tipo aplicado, ya que busca generar conocimientos prácticos para resolver un problema específico relacionado con la carga microbiana patógena en lodos residuales (Antacahuana Tito & Rivera Chipana, 2024). Asimismo, se considera experimental, puesto que se manipulan deliberadamente las condiciones del sistema mediante la aplicación de un paquete biotecnológico, evaluando su impacto en los parámetros microbiológicos (Hadi et al., 2023).

3.1.2. Nivel de investigación:

El nivel de investigación de este estudio es explicativo, ya que busca establecer relaciones de causa y efecto entre la aplicación del paquete biotecnológico microbiano (variable independiente) y la reducción de la carga microbiana patógena en los lodos residuales (variable dependiente)(Llanos, 2021). Esto implica no solo describir las características de los lodos ni correlacionar variables, sino explicar cómo y por qué el paquete biotecnológico influye en las propiedades físico-químicas y biológicas de los lodos. Además, el diseño experimental, que incluye diversos tratamientos y controles, permite medir y comparar los cambios antes y después de la intervención, lo que refuerza el enfoque explicativo al validar causalidad a través de un análisis profundo y sistemático.

3.1.3. Ámbito temporal y espacial:

El presente trabajo de investigación se realizó durante el año 2023, en dos lugares, la elaboración del paquete biotecnológico se realizó en el laboratorio de biología (Ciencias básicas) y el laboratorio de biología molecular y biotecnología, pertenecientes a la Universidad Nacional de Moquegua. Para la aplicación o tratamiento de los lodos, se realizó en el vivero de la Universidad Nacional de Moquegua ubicado en la Pampa Inalámbrica.

3.2. Población y muestra

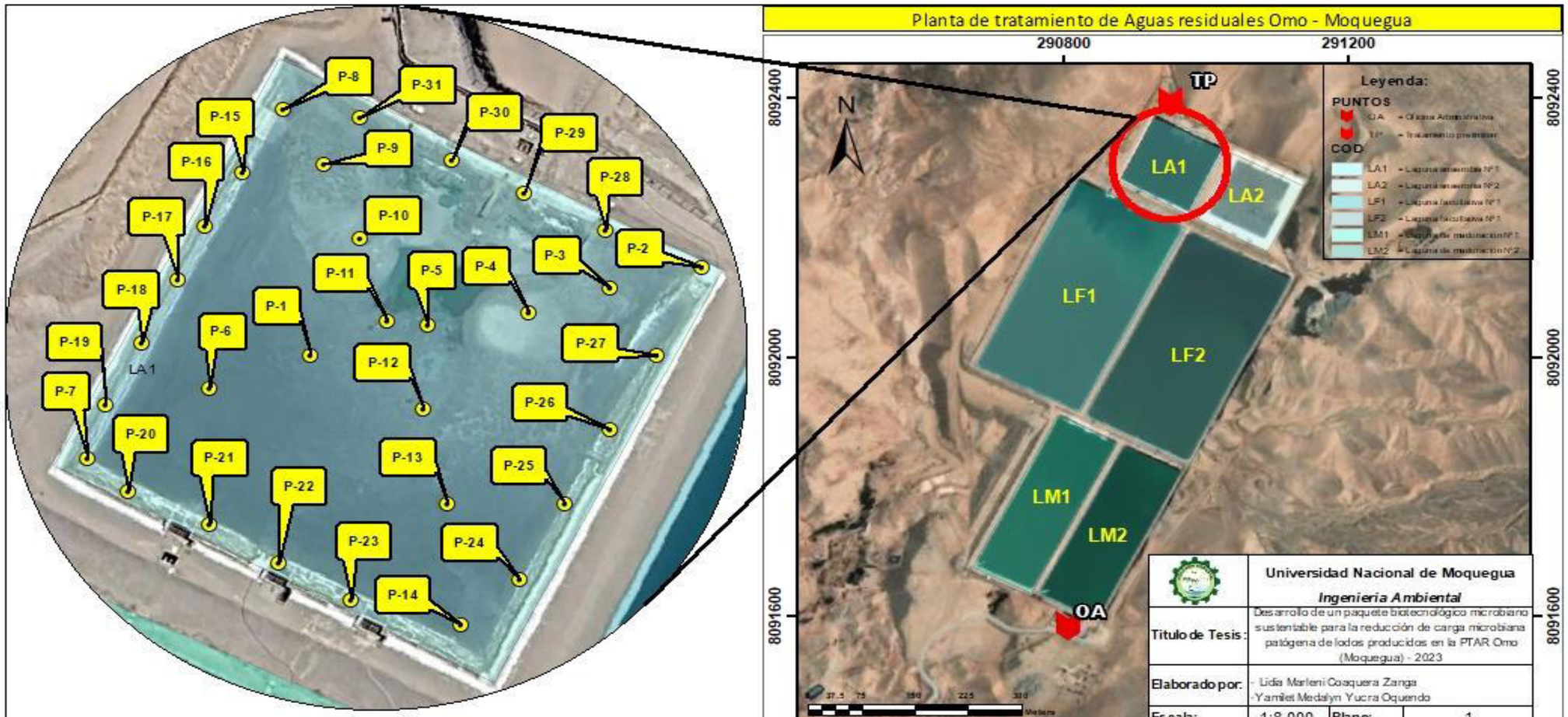
3.2.1. La población

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) OMO.

3.2.2. Muestra

Lodos residuales de la laguna anaeróbica primaria, se tomaron 31 muestras puntuales, para formar 7 muestras compuestas con 3 repeticiones contenidas cada una de 10 kg de lodos.

Mapa 1: Puntos de extracción de lodos en laguna primaria de la PTAR OMO



PUNTOS DE MUESTREO - LODOS DE LA PTAR OMO							
PUNTOS DE MUESTREO	ESTE	NORTE	ZONA	PUNTOS DE MUESTREO	ESTE	NORTE	ZONA
P-1	290933	8092299	19	P-17	290904	8092317	19
P-2	291019	8092320	19	P-18	290896	8092302	19
P-3	290999	8092315	19	P-19	290888	8092287	19
P-4	290981	8092309	19	P-20	290893	8092266	19
P-5	290959	8092306	19	P-21	290911	8092258	19
P-6	290911	8092291	19	P-22	290926	8092249	19
P-7	290884	8092274	19	P-23	290942	8092240	19
P-8	290927	8092358	19	P-24	290979	8092245	19
P-9	290936	8092345	19	P-25	290989	8092263	19
P-10	290944	8092327	19	P-26	290999	8092281	19
P-11	290950	8092307	19	P-27	291009	8092299	19
P-12	290958	8092286	19	P-28	290998	8092329	19
P-13	290963	8092263	19	P-29	290980	8092338	19
P-14	290966	8092234	19	P-30	290964	8092346	19
P-15	290918	8092343	19	P-31	290944	8092356	19
P-16	290910	8092330	19				

3.3. Instrumentos:

Tabla 3:
Instrumentos de gabinete

Gabinete	
– Cámara Fotográfica	– Programa Microsoft Excel
– Laptop	– Programa ArcGIS: Versión 10.5
– GPS	– Guía para identificación de microorganismos benéficos
– Programa Estadístico IBM SPSS	– Guía para extracción de lodos residuales
– Programa One Note	

Tabla 4:
Instrumentos de muestreo inicial

Materiales de muestreo inicial	
– Fichas de registro de campo	– Hielo u otro refrigerante
– Fichas de cadena custodia	– Bolsas de plástico de 200 litros
– Papel secante	– Piseta
– Cinta adhesiva	– Agua destilada
– Plumón indeleble	– Papel aluminio
– Frascos debidamente preparados y etiquetados de 200 kg	– Plano de puntos de monitoreo definidos
– Cajas térmicas	

Tabla 5:
Instrumentos de Seguridad de muestreo

Instrumentos de Seguridad de Muestreo	
– Botines de seguridad	– Guantes de látex descartables
– Mameluco Multiuso Blanco	– Casco
– Gafas de seguridad	– Mascarilla protectora descartable
– Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo	– Cuerda soga driza

Tabla 6:
Materiales de experimentación

Materiales de experimentación	
– Placa Petri	– Asa de kolls
– Viales o tubos	– Fiolas 50 ml
– Asa de siembra o material estéril	– Hoja bisturí estéril
– Rotulador permanente	– Papel craf
– Mortero	– Papel aluminio
– Matraz Erlenmeyer 100,500,1000 ml	– Tubos Eppendorf Safe-Lock

Materiales de experimentación	
– Probeta 50,100,500,1000 ml	– Cajas para congelación Safe Lock de polipropileno
– Propipeta	– Asa de Digraski
– Pipeta 10 ml	– Lunas de reloj
– Puntillas 100 µl - 1000 µl	– Tubos de ensayo
– Micropipeta 100 µl – 1000 µl	– Gradillas
– Vaso de precipitado 50,100,500 ml	– Algodón
– Papel secante	– Embudo de porcelana
– Frascos de vidrio de 1L	– Porta objetos
– Frasco de vidrio ámbar	– Cubre objetos
– Frasco Winklelr ámbar	– Frascos viales 8 ml
– Asas de siembra	

Tabla 7:
Insumos de laboratorio

Insumos de Laboratorio	
– Glicerol	– Urea
– Agua peptonada estéril	– Aceite de inmersión de 100 ml
– Caldo Nutritivo	– Reactivo de Kovács
– Cristal violeta	– Agar ENDO base
– Lugol	– Caldo EC Mug
– Alcohol etílico 95%	– Caldo MR – VP Rojo de metilo
– Safranina	– Alfa naftol al 5% en etanol
– Agua oxigenada	– KOH al 40%
– Agua destilada	– Rojo de metilo
– Agar Nutritivo	– Alfa naftol al 5% en etanol
– Agar Papa Dextrosa	– KOH al 40%
– Azul de metileno 1%	– Agar Mac Conkey
– Azul de lactofenol	– Agar Cromo génico
– Verde Malaquita	– Caldo Verde B Bilis
– Agar tres azucares (TSI)	– Caldo Rappaport
– Agar Lisina – hierro (LIA)	– Agar XLS
– Agar citrato según Simons	– Agar Salmonella Shigella (SS)
– Agar MIO	– Agar Plate Count
– Plasma de conejo deshidrato	– Agar sangre

Tabla 8:
Equipos de laboratorio

Equipos de Laboratorio	
– Microscopio óptico	– Baño maría con agitación
– Agitador magnético	– Contador de colonias
– Ultra congeladora – 80 ^{O}C	– Espectrómetro
– Estufa de laboratorio	– Colorímetro
– Mechero Bunsen	– Balanza Analítica
– Potenciómetro	– Hot platee
– Multiparámetro	– Bomba de vacío
– Incubadora	– Campana extractora
– Cámara de flujo laminar	– Centrifugadora
– Autoclave	

3.4. Procedimiento:

3.4.1. Aislamiento e identificación de bacterias:

3.4.1.1. Aislamiento:

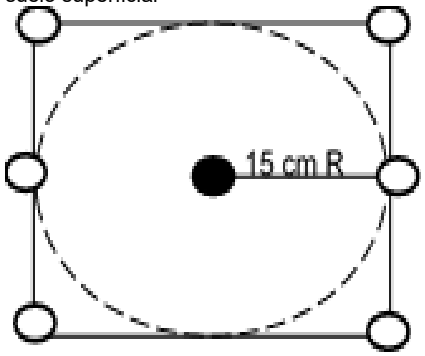
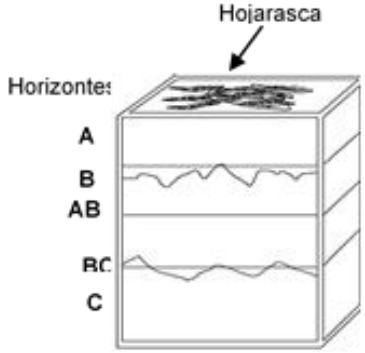
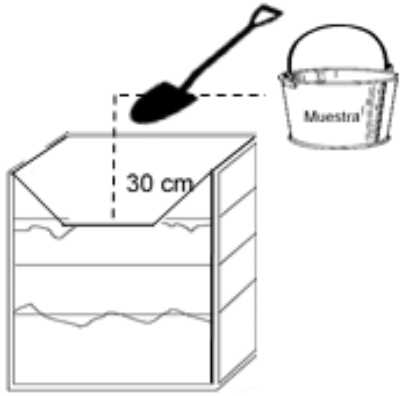
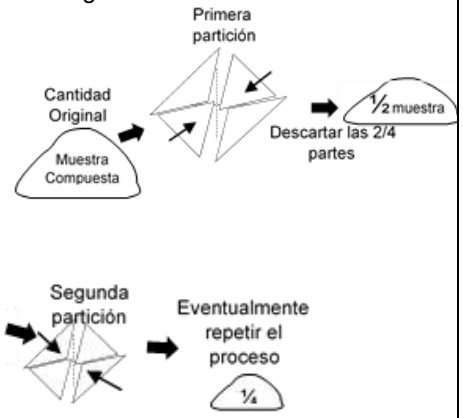
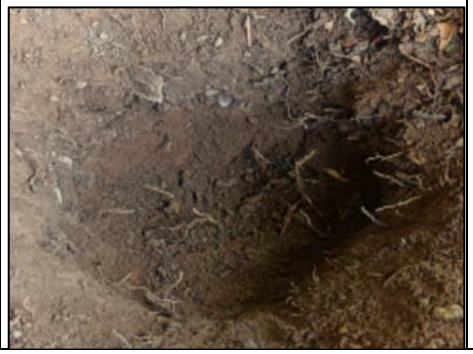
3.4.1.1.1. Muestras de suelo:

- **Muestreo:** Se tomaron muestras de una parcela agrícola de Moquegua a 30 cm de profundidad, luego fueron almacenadas herméticamente en bolsas Ziploc como se observa en la **Tabla 9** (Mau *et al*., 2011).
- **Aislamiento de las cepas bacterianas:** Para el procesamiento de las muestras de suelo en laboratorio, se tomó 10 g y se realizaron diluciones seriadas con agua estéril. Se cultivo 1 ml de cada dilución repetida en placas Petri contenidas de agar nutriente. Se incubaron a 30 ^{O}C durante 24 horas y pasado el tiempo se seleccionaron las placas con crecimiento a través de repeticiones (3x). Las colonias obtenidas fueron aisladas en agar nutritivo, para obtener un cultivo puro. Cada cultivo bacteriano purificado se realizó la correspondiente caracterización macro y microscópica. Se presenta en la **Figura 4** la metodología de aislamiento. En el anexo de panel fotográfico **Figura 34** y
- **Figura 35** se presentan las evidencias.

  A las cepas aisladas se le asigno un código de laboratorio, para la generación del paquete biotecnológico microbiano sustentable (Mau *et al*., 2011).
- **Preservación:** Las cepas bacterianas fueron conservadas a -80 ^{O}C, en 200 µl de caldo nutriente (CN) y 300 µl de glicerol 40% como agente crioprotector (Gutiérrez Jiménez *et al*., 2015). En el anexo de panel fotográfico **Figura 36** se observa la conservación de cepa.

Tabla 9:

Diagrama de muestreo de suelo agrícola

<table>
<tr><th colspan="4">Muestreo de suelo agrícola</th></tr>
<tr>
<td>Delimitación del transecto para la muestra de suelo superficial

</td>
<td>Limpieza de residuos superficiales (ramas, piedras, residuos, etc.,)

</td>
<td>Extracción de 30 cm de muestra de suelo agrícola

</td>
<td>Método de cuarteado de muestra de suelo agrícola

</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

3.4.1.1.2. Muestras de leche:

- **Muestreo:** Se compró 1 L de leche de vaca entera sin pasteurizar directamente de los productores de leche de vaca en Moquegua. En el laboratorio, se mantuvo a 10 °C hasta no más de 4 horas (González de Cruz *et al*., 2021).

- **Aislamiento de las cepas bacterianas:** Para el procesamiento de las muestras de leche en laboratorio, se tomaron 10 ml y se realizaron diluciones seriadas en agua estéril. Se cultivó 1 ml de cada dilución repetida en agar nutriente contenidas en placas Petri. Se incubaron a 30 ^{O}C durante 24 horas y pasado este tiempo se seleccionaron las placas con crecimiento bacteriano a través de repeticiones (3x). Las colonias obtenidas fueron aisladas en agar nutriente, para obtener un cultivo puro. A cada cultivo bacteriano purificado se le realizó la correspondiente caracterización macro y microscópica.

  Se presenta en la **Figura 6** la metodología de aislamiento. En el anexo de panel fotográfico **Figura 34** y

  Figura 35 se presentan las evidencias.

  A las cepas aisladas se le asignó un código de laboratorio para la generación del paquete biotecnológico microbiano sustentable (Mau *et al*., 2011).

- **Preservación:** Las cepas bacterianas fueron conservadas a -80 ^{O}C, en 200 µl de caldo nutriente (CN) y 300 µl de glicerol 40% como agente crioprotector (Gutiérrez Jiménez *et al.*, 2015). En el anexo de panel fotográfico **Figura 36** se observa la conservación de cepa.

3.4.1.1.3. Muestras de Frutas:

- **Muestreo:** Se compraron frutas como mango, uva, pepino y fresas. Las muestras fueron colectadas asépticamente y almacenadas en refrigeración a 4ºC hasta el procesamiento (Breymann *et al*., 2013).

- **Aislamiento de las cepas bacterianas:** Para el procesamiento de las muestras de frutas en laboratorio, se tomaron 10 g de muestra y se realizaron diluciones seriadas en agua estéril. Se cultivó 1 ml de cada dilución repetida en placas de agar nutriente. Se incubaron a 30 ^{O}C durante 24 horas y pasado este tiempo se seleccionaron las placas con crecimiento bacteriano a través de repeticiones (3x). Las colonias obtenidas fueron aisladas en agar nutriente, para obtener un cultivo puro. Cada cultivo bacteriano purificado se realizó caracterización macro y microscópica.

  Se presenta en la **Figura 5** la metodología de aislamiento. En el anexo de panel fotográfico **Figura 34** y

  Figura 35 se presentan las evidencias.

  A las cepas aisladas se le asignó un código de laboratorio para la generación del paquete biotecnológico microbiano sustentable (Mau *et al*., 2011).

- **Preservación:** Las cepas bacterianas fueron conservadas a -80 ^{O}C, en 200 µl de caldo nutriente (CN) y 300 µl de glicerol 40% como agente crioprotector (Gutiérrez Jiménez *et al.*, 2015). En el anexo de panel fotográfico **Figura 36** se observa la conservación de cepa.

3.4.1.1.4. Muestras de yogurt natural:

- **Muestreo:** Se compró 500 ml de yogurt natural fresco tradicional hecho a base de leche de vaca.

- **Aislamiento de las cepas bacterianas:** Para el procesamiento de las muestras de yogurt en laboratorio, se tomaron 10 ml y se realizó diluciones seriadas en agua estéril. Se cultivó 1 ml de cada dilución repetida en placas con agar nutritivo. Se incubaron a 30 ^{O}C durante 24 horas y pasado el tiempo se seleccionó las placas con crecimiento bacteriano a través de repeticiones (3x). Las colonias obtenidas fueron aisladas en agar nutriente, para obtener un cultivo puro. Cada cultivo bacteriano purificado se le realizó la caracterización macro y microscópica.

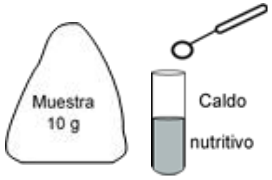
  Se presenta en la **Figura 6** la metodología de aislamiento. En el anexo de panel fotográfico **Figura 34** y

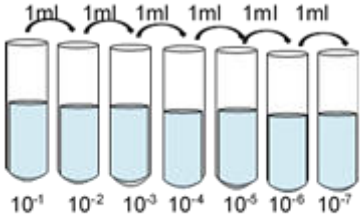
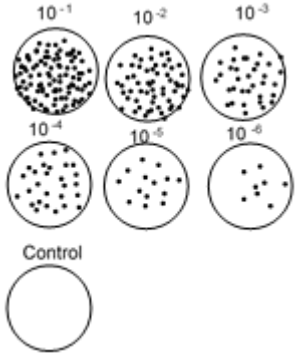
  Figura 35 se presentan las evidencias.

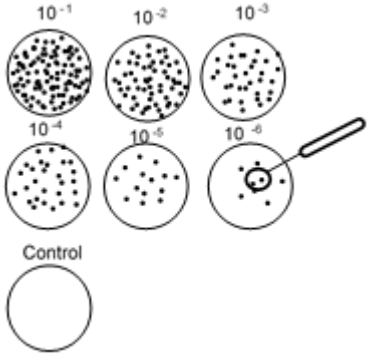
  A las cepas aisladas se le asigno un código de laboratorio para la generación del paquete biotecnológico microbiano sustentable (Mau *et al.*, 2011).

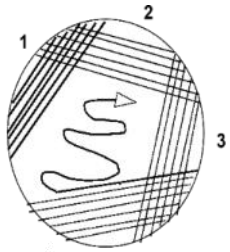
- **Preservación:** Las cepas bacterianas fueron conservadas a -80 ^{O}C, en 200 µl de caldo nutriente (CN) y 300 µl de glicerol 40% como agente crioprotector (Gutiérrez Jiménez *et al.*, 2015). En el anexo de panel fotográfico **Figura 36** se observa la conservación de cepa.

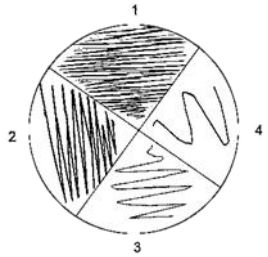
Figura 4:

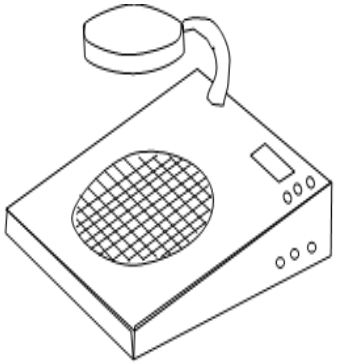
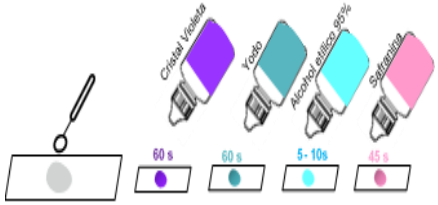
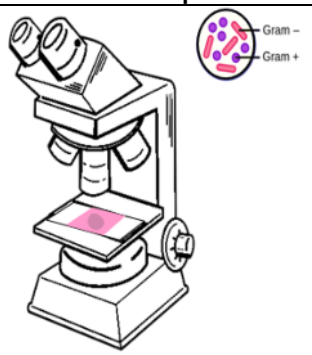
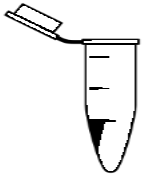
<table>
<tr><th colspan="5">Aislamiento de bacterias de muestras de suelo</th></tr>
<tr><th>Inoculación de muestra</th><th>Diluciones seriadas</th><th>Siembra por dispersión</th><th>Selección de cepas bacterianas</th><th>Aislamiento por agotamiento</th></tr>
<tr>
<td>

24 horas
35 ºC</td>
<td>
</td>
<td>

Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
<td>

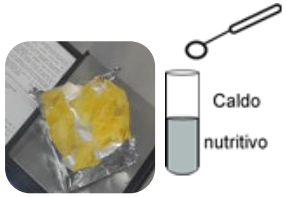
Selección de cepa, de la última dilución donde se observe de manera más dispersa.</td>
<td>

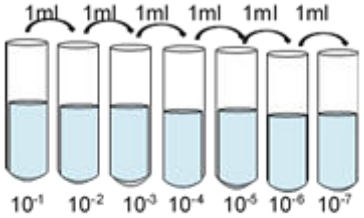
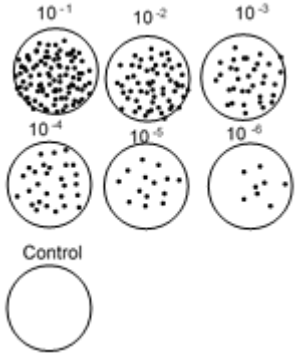
Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
</tr>
<tr><th>Cultivo puro</th><th>Macroscopía</th><th>Tinción de Gram</th><th>Microscopia</th><th>Preservación</th></tr>
<tr>
<td>

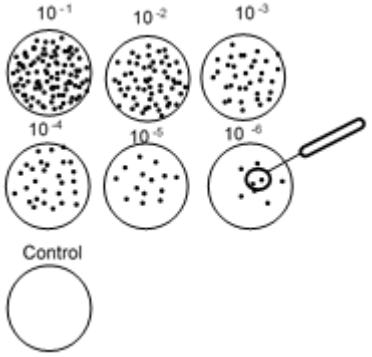
Agar nutritivo
24 horas
30°C</td>
<td></td>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>
200 µl de caldo nutriente
+
300 µl de glicerol</td>
</tr>
</table>

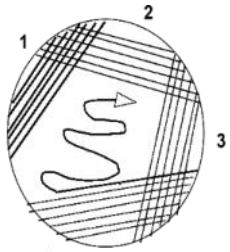
Aislamiento de bacterias de muestras de suelo

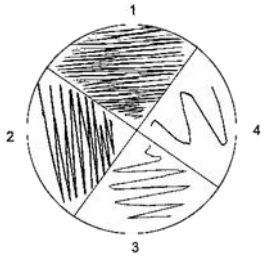
Figura 5:

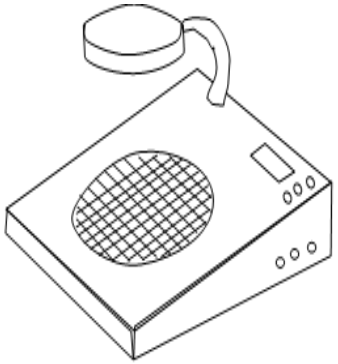
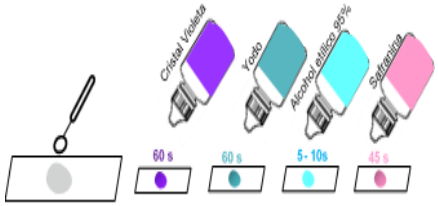
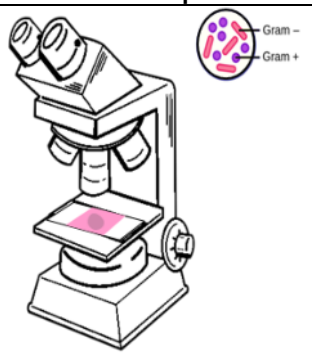
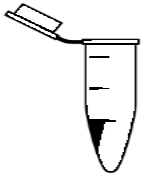
<table>
<tr><th colspan="5">Aislamiento de bacterias de muestras de frutas</th></tr>
<tr><th>Inoculación de muestra</th><th>Diluciones seriadas</th><th>Siembra por dispersión</th><th>Selección de cepas bacterianas</th><th>Aislamiento por agotamiento</th></tr>
<tr>
<td>

24 horas
35 ºC</td>
<td>
</td>
<td>

Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
<td>

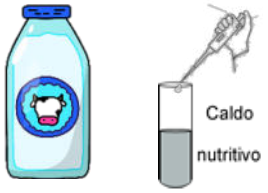
Selección de cepa, de la última dilución donde se observe de manera más dispersa.</td>
<td>

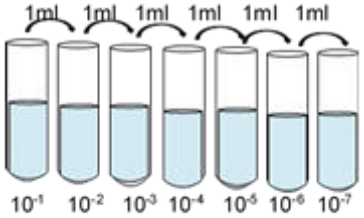
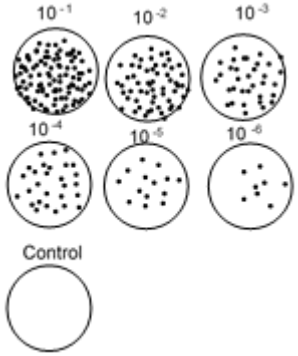
Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
</tr>
<tr><th>Cultivo puro</th><th>Macroscopía</th><th>Tinción de Gram</th><th>Microscopia</th><th>Preservación</th></tr>
<tr>
<td>

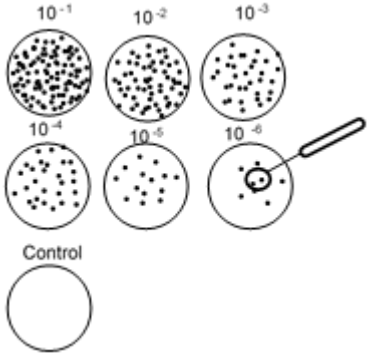
Agar nutritivo
24 horas
30°C</td>
<td></td>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>
200 µl de caldo nutriente
+
300 µl de glicerol</td>
</tr>
</table>

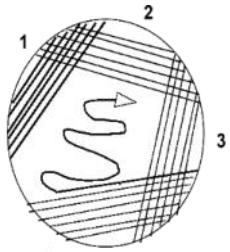
Aislamiento de bacterias de muestras de frutas

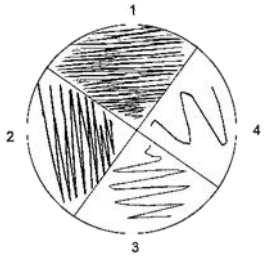
Figura 6:

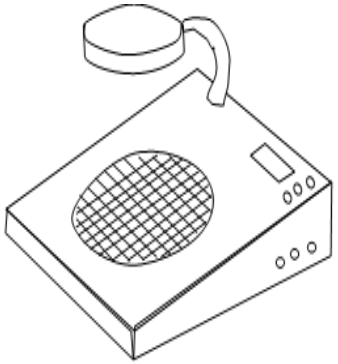
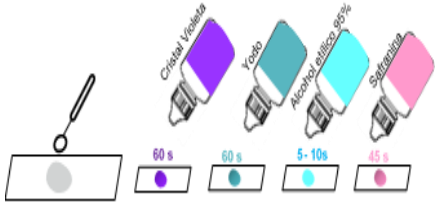
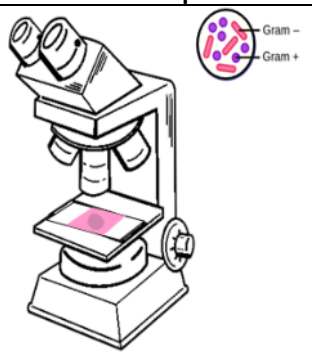
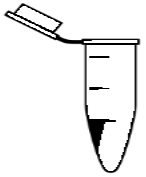
<table>
<tr><th colspan="5">Aislamiento de bacterias de muestras de frutas</th></tr>
<tr><th>Inoculación de muestra</th><th>Diluciones seriadas</th><th>Siembra por dispersión</th><th>Selección de cepas bacterianas</th><th>Aislamiento por agotamiento</th></tr>
<tr>
<td>

24 horas
35 ºC</td>
<td>
</td>
<td>

Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
<td>

Selección de cepa, de la última dilución donde se observe de manera más dispersa.</td>
<td>

Agar nutritivo
24 horas
35ºC</td>
</tr>
<tr><th>Cultivo puro</th><th>Macroscopía</th><th>Tinción de Gram</th><th>Microscopia</th><th>Preservación</th></tr>
<tr>
<td>

Agar nutritivo
24 horas
30°C</td>
<td></td>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>
200 µl de caldo nutriente
+
300 µl de glicerol</td>
</tr>
</table>

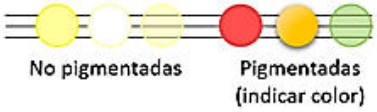
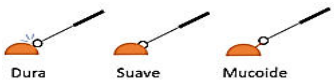
Aislamiento de bacterias de muestras de lácteos

3.4.1.2. Identificación macroscópica, microscópica y bioquímica:

3.4.1.2.1. Identificación macroscópica:

La morfología de las colonias es de suma importancia en la identificación preliminar y para la diferenciación de los microorganismos aislados. Es importante destacar que para el procedimiento de identificación se realizó un aislamiento en cultivo puro. Se describen por sus características de tamaño, forma, consistencia, y a veces por su color (Fernández Olmos et al., 2011). En la **Tabla 10** se presenta la morfología utilizada para la caracterización macroscópica de las cepas aisladas.

Tabla 10:
Morfología colonial de cepas

Descripción	Imagen
Tamaño	
Forma	
Borde	
Transparencia	
Brillo	
Color	
Textura	
Elevación	
Consistencia	

Fuente:(Bazán Mayra, 2018), (Guillen Nepita, 2020).

3.4.1.2.2. Identificación microscópica:

Se utilizo cultivos puros aislados en agar nutritivo, para luego con ayuda de un asa de Kolls estéril, transferirse una pequeña cantidad de biomasa al portaobjeto limpio, con el fin de realizar la mezcla de la muestra y la gota de agua destilada introducida en el portaobjetos anteriormente (Reinoso Caicedo, 2018).

Cabe recalcar que para poder realizar la identificación microscópica se debe tener muestras secas en el portaobjetos antes de pasar al proceso de tinción. Para ello se aplicaron dos tipos de frotis, uno con fijación de calor y el otro simple. El primero se dejó reposar 5 minutos a temperatura ambiente y se fijó con calor con un mechero Bunsen, y el segundo tipo de frotis simple, simplemente se dejó secar la muestra a temperatura ambiente (Reinoso Caicedo, 2018).

a) Tinción de Gram

Este método nos permite tener una identificación de la forma celular y el tipo de bacteria. Sabiendo que las bacterias Gram negativa y positiva se identifican según el color observado ya sea rojo o azul violeta respectivamente. Para ello se aplicó el tipo frontis con fijación en calor, tiñendo con cristal violeta por 60 segundos y siendo después lavado con agua destilada. Se repitió el procedimiento cubriendo la muestra con solución de Lugol por 60 segundos y se lavó con agua destilada de igual manera. Para desteñir las células se añadió alcohol al 95% durante 30 segundos y por último se aplicó la solución de safranina por 60 segundos. Una vez seca la muestra se observó en el microscopio con el lente de inmersión (100X) y se identificó el tipo de bacteria (Reinoso Caicedo, 2018).

3.4.1.2.3. Identificación bioquímica

a) Preparación de medios de cultivo y reactivos

a. Agar TSI (Triple Sugar Iron Agar)

Preparar el medio de cultivo siguiendo las indicaciones de equivalencia que se detalla. Posteriormente con ayuda de un dispensador, dispensar 5 mL en tubos de 100mm x 10mm, esterilizar a 121 ºC durante 15 minutos en la autoclave, dejar solidificar en forma inclinada, formando el pico de flauta.

Dato: 65 g …… 1000 ml

b. Agar LIA (Lisina Hierro Agar)

Preparar el medio de cultivo siguiendo las indicaciones de equivalencia que se detalla. Posteriormente con ayuda de un dispensador, dispensar 5 mL en tubos de 100mm x 10mm, esterilizar a 121 ºC durante 15 minutos en la autoclave, dejar solidificar en forma inclinada, formando el pico de flauta.

Dato: 32 g …… 1000 ml

c. Agar citrato de Simons

Preparar el medio de cultivo siguiendo las indicaciones de equivalencia que se detalla. Posteriormente con ayuda de un dispensador, dispensar 5 mL en tubos de 100mm x 10mm, esterilizar a 121 ºC durante 15 minutos en la autoclave, dejar solidificar en forma inclinada, formando el pico de flauta.

Dato: 22.5 g ……. 1000 ml

d. Agar MIO (Motilidad – Indol – Ornitina)

Preparar el medio de cultivo siguiendo las indicaciones de equivalencia que se detalla. Posteriormente con ayuda de un dispensador, dispensar 5 mL en tubos de 100mm x 10mm, esterilizar a 121 ºC

durante 15 minutos en la autoclave, dejar solidificar en forma inclinada, formando el pico de flauta.

Dato: 31 g …… 1000 ml

Reactivo de kocavs al 5%:

Cantidad:10 mL

Fórmula:

- p-dimetilaminobenzaldehído……...0.5 g
- Alcohol Isoamilico ……...7.5 mL
- Ácido Clorhídrico concentrado……...2.5 mL

e. Prueba de rojo de metilo - Vogues Proskauer:

Preparar el medio de cultivo siguiendo las indicaciones de equivalencia que se detalla. Posteriormente con ayuda de un dispensador, dispensar 5 mL en tubos de 100mm x 10mm, esterilizar a 121 ºC durante 15 minutos en la autoclave, dejar solidificar en forma inclinada, formando el pico de flauta.

Datos:

- 0,1 g en 300 mL de etanol al 95% y disolver con 500 mL de agua destilada.
- Hidróxido de Potasio al 40%: Disuelto en agua destilada.
- Alfa Naftol: α-naftol al 5% en alcohol etílico absoluto.

b) Procedimiento de siembra:

a. Agar TSI:

Se utilizo un cultivo puro del microorganismo en estudio, se realizó la siembra por punción profunda y estriar extendiendo sobre la superficie de este. Incubación en aerobiosis, a 33-37 °C durante 18-24 horas.

b. Agar LIA

Se utilizo un cultivo puro del microorganismo en estudio, se realizó la siembra por punción profunda y estriar extendiendo sobre la superficie de este.

Incubación en aerobiosis, a 33-37 °C durante 18-24 horas.

c. Agar Citrato de Simons:

Se utilizo un cultivo puro del microorganismo en estudio, se realizó la siembra por punción profunda y estriar extendiendo sobre la superficie de este. Incubación en aerobiosis, a 33-37 °C durante 18-24 horas.

d. Agar MIO:

Se utilizo un cultivo puro del microorganismo en estudio, se realizó la siembra por punción profunda y estriar extendiendo sobre la superficie de este. Incubación en aerobiosis, a 33-37 °C durante 18-24 horas.

e. Caldo RM-VP:

Se utilizo un cultivo puro del microorganismo en estudio, se transfirió una pequeña porción de colonia al caldo RM – VP. Incubación en aerobiosis, a 33-37 °C durante 18-24 horas

c) Interpretación de los resultados

a. Agar TSI:

La presencia de un color amarillo nos indica acidez (A) y el color rojo nos representa alcalinidad (K). Para ello debemos observar el color del medio en el fondo y en el pico de flauta. En cuanto a la producción de gas se identifica por la presencia de burbujas o rotura en el medio y la producción de sulfuro de hierro se evidencia con la presencia de un color negro oscuro.

b. Agar LIA:

La presencia de un color purpura nos indica alcalinidad (K) y el color amarillo nos representa acidez (A). Para ello debemos observar el color del medio en el

fondo y en el pico de flauta. En cuanto a la producción de gas se identifica por la presencia de burbujas o rotura en el medio y la producción de sulfuro de hierro se evidencia con la presencia de un color negro oscuro.

c. Agar citrato de Simons:

Observar el color del medio, un color azul indica positivo a citrato, si no hay cambio de color, el resultado es negativo.

d. Agar MIO:

La presencia de turbidez en el medio de cultivo indica movilidad. Luego realizar la prueba de indol agregando al medio de cultivo 5 gotas de reactivo de Kovacs.

a.1 Motilidad

La presencia de turbidez o crecimiento más allá de la línea de siembra inoculada indica motilidad positiva.

b.1 Producción de ornitina descarboxilasa

La presencia de un color purpura en el medio de cultivo, indica resultado positivo y un color amarillo de medio, indica resultado negativo, es importante recalcar que a veces se puede desarrollar un color violáceo en la superficie del medio.

c.1 Prueba del indol

Al añadir el reactivo de Kovács anteriormente, la formación de un anillo color rojo indica positivo a producción de Indol.

e. Caldo RM-VP

Dividir el medio cultivado en dos tubos de 2.5 mL cada uno y realizar las pruebas de rojo de metilo y la prueba de Vogues Proskauer.

a.1 Prueba de rojo de metilo

Añadir 5 gotas de rojo de metilo a 2.5 mL de cultivo. La presencia de una coloración roja, indica un resultado positivo, una coloración amarilla constituye una reacción negativa.

b.1 Prueba de Vogues Proskauer

Añadir 12 gotas (± 0,6 mL) de α- naftol al 5% en etanol y 4 gotas (± 0,2 mL) de KOH al 40%, a 2.5 mL de cultivo. Agite y deje reposar por 5 a 10 minutos.

La aparición de un color rosado representa una reacción positiva indicadora de la presencia de acetoína, producto de la fermentación de la glucosa.

d) Pruebas de identificación preliminar, con lectura inmediata:

a. Catalasa

La catalasa es un enzima presente en la mayoría de los microorganismos que poseen citocromos. Las bacterias que sintetizan catalasa hidrolizan el peróxido de hidrogeno en agua y oxigeno gaseoso que se libera en forma de burbujas.

- Positivo: formación de burbujas
- Negativo: no formación de burbujas o muy escasa producción tras 20°

b. Oxidasa

Esta prueba sirvió para determinar la presencia de enzimas oxidasas. La reacción de la oxidasa se debe a la presencia de un sistema citocromo oxidasa que activa la oxidación del citocromo el cual es reducido por el oxígeno molecular produciéndose agua o peróxido de hidrógeno según la especie bacteriana.

e) Pruebas rápidas con lectura en menos de 6 h:

a) Urea

Esta prueba se utiliza para determinar la capacidad de los microorganismos para hidrolizar la urea, formando dos moléculas de amoníaco por la acción de la enzima ureasa.

Una reacción positiva (hidrólisis de la urea) es indicada por un cambio de color del amarillo (pH 6,8) al rojo cereza (pH 8,1 o más alcalino).

Extracto de levadura	**0.1 g**
Fosfato mono potásico	9.1 g
Fosfato disódico	9.5 g
Urea	20.0 g
Rojo fenol	0.01 g
Agua destilada	1000.0 mL

*pH 6,7 – 6,9

Disuelva y esterilice por filtración. Con el asa de platino transfiera una porción de cultivo puro proveniente de un medio sólido. Incube a 35°C por 24 horas (Vallejo, 2024) .

f) Pruebas lentas, con lectura de 18 a 48 h:

a. Coagulasa

Permitió determinar la capacidad de coagular el plasma por la acción de la enzima coagulasa. La prueba de la coagulasa en tubo se puede leer tras incubación de 4 h, pero si es negativa debe incubarse hasta 24 h (Fernández Olmos *et al.,* 2011).

b. Hemolisis

Las hemolisinas son enzimas que lisan los hematíes. Las bacterias que producen estas enzimas presentan un halo T alrededor de las colonias a consecuencia de la lisis de los hematíes. Se siembre por agotamiento en estría en placas de agar sangre y se incuba. Hemólisis alfa, Hemólisis beta y Hemólisis gamma. La hemólisis alfa se refiere a una lisis parcial de

eritrocitos que produce una coloración verde que se observa alrededor de las colonias (debido a la liberación de un producto de degradación de la hemoglobina llamado biliverdina); la hemólisis beta se refiere a un halo de hemólisis completamente claro y la hemólisis gama se refiere a la ausencia de hemólisis (Qualitat, 2024).

3.4.2. Aislamiento e identificación de hongos:

3.4.2.1. Aislamiento:

3.4.2.1.1. Muestras de suelo agrícola:

- **Muestreo:** Se tomaron muestras de suelo agrícola como se observa en la **Tabla 9** y se conservaron adecuadamente hasta ser procesados en el laboratorio.
- **Aislamiento de cepas hongos:** Para el aislamiento se utilizó el método de siembra directa de suelo en placa en medio de cultivo de Potato Dextrose Agar (PDA). Se utilizó pinzas quirúrgicas esterilizadas, colocando cuatro pizcas de suelo en diferentes puntos de la placa. Las placas se incubaron a una temperatura constante de 26 a 28°C durante 3 a 5 días (Figueroa Beltrán, 2019), con repeticiones (3x). A cada cultivo puro se realizaron la correspondiente caracterización macro y microscópica. Las cepas aisladas se codificaron. La metodología se presenta en la **Figura 7**, también se presenta las evidencias en el anexo de panel fotográfico **Figura 37** y **Figura 38**.
- **Preservación:** Las cepas de hongos se conservaron a través del Método de Castellani, se basa en encapsular en viales o tubos con 5 ml de agua destilada estéril y un cuadrado de muestra con PDA, luego fue almacenado a refrigeración de 4ºC (Giordano, 2019). En el anexo de panel fotográfico **Figura 39** se observa la conservación de cepa.

3.4.2.1.2. Muestras de leche:

- **Muestreo:** Se compró 1 L de leche entera sin pasteurizar que se adquirió directamente de los productores de leche.
- **Aislamiento de las cepas:** Se utilizó el método de siembra directa de la leche en placa y en un medio del cultivo de Potato Dextrose Agar (PDA). Utilizando unas pipetas esterilizadas, se colocaron cuatro gotas en diferentes puntos de la placa. Las placas se incubaron a una temperatura constante de 26 a 28°C durante 3 a 5 días (Figueroa Beltrán, 2019), con repeticiones (3x). A cada cultivo puro se realizó la correspondiente caracterización macro y microscópica. Las cepas aisladas se codificaron (Montoya castrillón *et al*., 2021). La metodología se presenta en la **Figura 7**, también se presenta las evidencias en el anexo de panel fotográfico **Figura 37** y **Figura 38**.
- **Preservación:** Las cepas de hongos se conservaron a través del Método de Castellani, consiste en encapsular en viales o tubos con 5 mL de agua destilada estéril y un cuadrante de muestra con PDA, luego se almacenaron a refrigeración a 4ºC (Giordano, 2019). En el anexo de panel fotográfico **Figura 39** se observa la conservación de cepa.

3.4.2.1.3. Muestras de frutas:

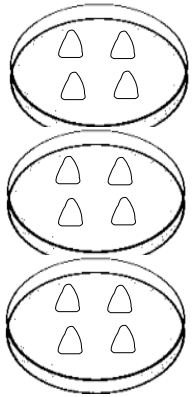
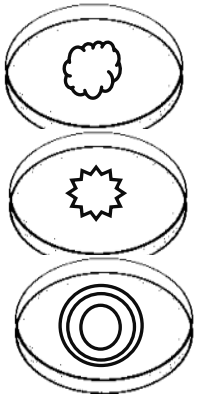
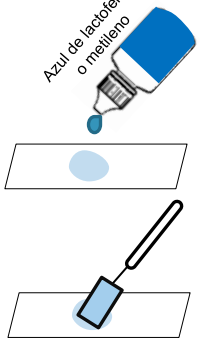
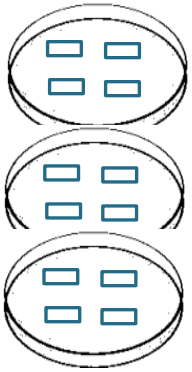
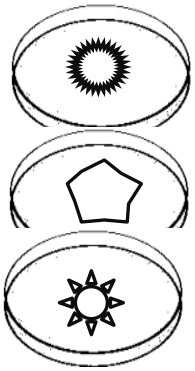
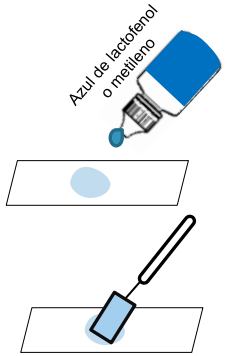
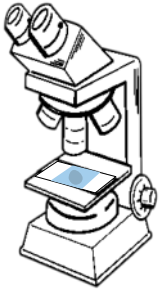
- **Muestreo:** Se recolectaron frutas como mango, uva, pepino y fresas se colectaron 3 de cada fruta de mercados de Moquegua. Las muestras fueron colectadas asépticamente y almacenadas en refrigeración a 4ºC hasta su procesamiento (Breymann *et al*., 2013).
- **Aislamiento de las cepas:** Se utilizó el método de siembra directa de fruta en placa y en medio de cultivo de Potato Dextrose Agar (PDA). Se utilizaron unas

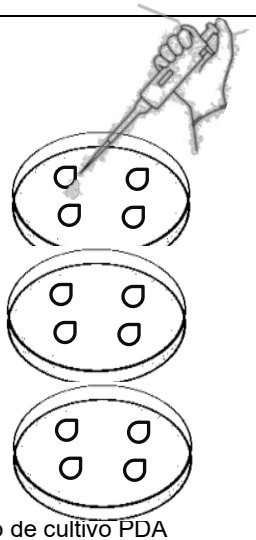
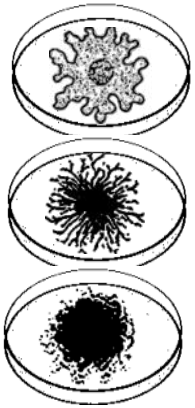
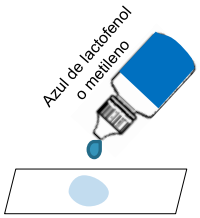
pinzas quirúrgicas esterilizadas, se colocaron cuatro cuadrados de fruta en diferentes puntos de la placa. Las placas se incubaron a una temperatura constante de 26 a 28°C durante 3 a 5 días (Figueroa Beltrán, 2019), a través de repeticiones (3x). A cada cultivo puro se le realizó la correspondiente caracterización macro y microscópica. Las cepas aisladas se codificaron (Montoya castrillón *et al*., 2021). La metodología se presenta en la **Figura 7**, también se presenta las evidencias en el anexo de panel fotográfico **Figura 37** y **Figura 38**.

– **Preservación:** Las cepas de hongos se conservaron a través del Método de Castellani, consiste en encapsular en viales o tubos con 5 ml de agua destilada estéril y un cuadrante de muestra con PDA, luego fueron almacenados a refrigeración a 4ºC (Giordano, 2019). En el anexo de panel fotográfico **Figura 39** se observa la conservación de cepa.

Figura 7:

Aislamiento de hongos en diversas muestras

Tipos de muestras	Siembra en placa directa	Selección de cepa y cultivo puro	Tinción de cepas	Microscopia y conservación por Método Castellani
 **A) Muestras de suelo**	 Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	 Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	 Pegar la cinta con la muestra sobre la gota de azul de lactofenol o metileno	 Observación microscópica. Caracterización macro y microscópica según literatura  Conservación, suspensión de corte rectangular de la cepa en 5 ml de aguades destilada estéril.
 1 gr. de muestra **B) Muestras de pulpa de frutas**				 Observación microscópica. Caracterización macro y microscópica según literatura

	Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	Pegar la cinta con la muestra sobre la gota de azul de lactofenol o metileno.	Conservación, suspensión de corte rectangular de la cepa en 5 ml de aguades destilada estéril. 
 10 microlitros **C) Muestra de leche**	 Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	 Medio de cultivo PDA 25ºC 5 a 7 días	 Pegar la cinta con la muestra sobre la gota de azul de lactofenol o metileno	 Observación microscópica. Caracterización macro y microscópica según literatura Conservación, suspensión de corte rectangular de la cepa en 5 ml de aguades destilada estéril. 

3.4.2.2. Identificación morfológica macroscópica y microscópica:

3.4.2.2.1. Identificación morfológica macroscópica:

Para la identificación morfológica macroscópica de los hongos se realizó cultivos de cepas individuales, teniendo en cuenta las características fenotípicas (tamaño, color y forma) y reverso (pigmento) de la colonia (Rosado Flores et al., 2020).

3.4.2.2.2. Identificación morfológica microscópica:

La morfología microscópica se realizó por tinción. La visualización se realizó bajo un microscopio óptico utilizando objetivos de 40X y 100X (Rosado Flores *et al*., 2020) y para identificación microscópica también se utilizó la página de *Mycelium Touch 2018*.

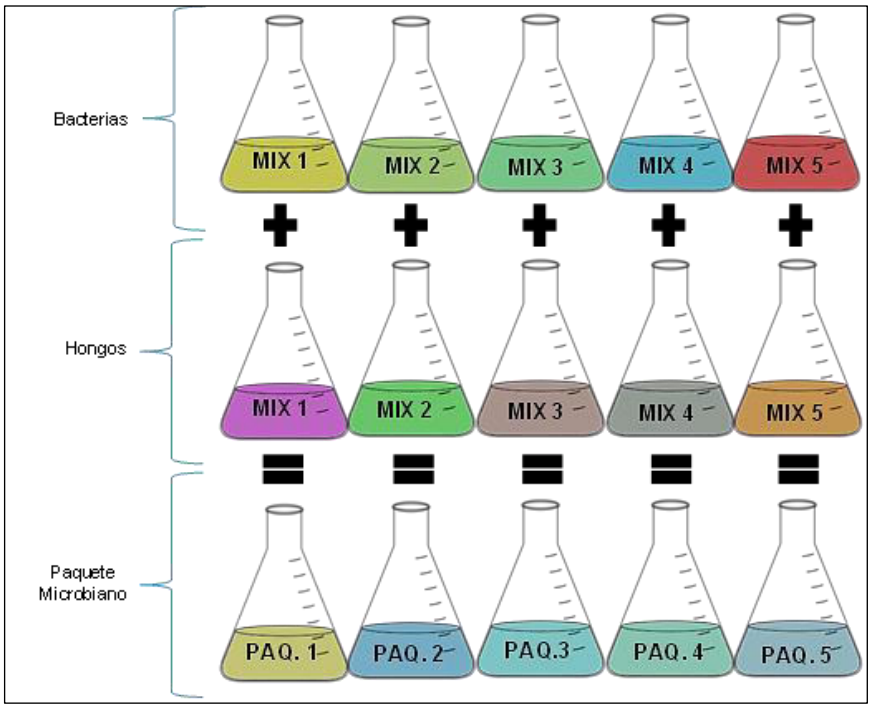
3.4.2.2.3. Consulta de referencias bibliográficas:

La identificación taxonómica prospectiva de hongos filamentosos se realizó basándose en características microscópicas y luego se comparó con claves taxonómicas como: Carreño Bulgarin et al., 2023; Kidd et al., 2016; Lowe & Barnett, 1960; Navi et al., 1999; Soto Esguerra, 2017 y Watanabe, 1937.

3.4.3. Paquete microbiano sustentable:

Se realizó combinaciones completamente al azar para formación del paquete biotecnológico microbiano sustentable, con los distintos microorganismos puros aislados y seleccionados, considerando especies entre hongos y bacterias, como se observa en la **Figura 8**.

Figura 8:
Formación del paquete biotecnológico microbiano sustentable



Nota: Mix. = Mezcla. La mezcla cuenta con la misma cantidad de cepas de bacterias o hongos

3.4.3.1. Formación del paquete biotecnológico

A partir de los cultivos puros de bacterias y hongos, se realizó la formación de cada mezcla como se observa en la **Figura 8**, cada cepa se cultivó en medio líquido, y se suspendieron en agua destilada (autoclavada) , para evitar el crecimiento de la cepas, se estiman concentraciones aproximadamente de 1×10^{8} UFC/ml (Sánchez, 2011).

3.4.3.1.1. Producción de paquetes por fermentación discontinua a escala de 6 litros

Posterior a la obtención de la mezcla de bacterias y mezcla de hongos, se realizó el análisis de concentración UFC/ml. Se inoculo los microorganismos (Mezcla de bacteria y

Mezcla de hongo) en el medio de cultivo a base de melaza de caña de azúcar, extracto de cloruro de sodio y de extracto de levadura, durante 24 horas a temperatura 30ºC.

Las concentraciones para la formación del paquete biotecnológico microbiano fueron de 5% (300 ml) del inoculo (150 ml de la mezcla bacteria y 150 ml de la mezcla hongo), 20% de melaza de caña de azúcar pura, 75 % de agua destilada, 1% extracto de cloruro de sodio y 1% de extracto de levadura. Para la realización del experimento se utilizó bidones esterilizados con capacidad de 5 galones, se tomó como referencia la investigación realizada por (Paucar Sánchez, 2011).

3.4.4. Toma muestras de lodos

Según el (Ministerio de Vivienda, 2018) "Una muestra compuesta es una muestra resultante de mezclar y homogeneizar varias muestras puntuales. Considerando que se trata de tomar una muestra de lodos o biosólidos que se acumulan a lo largo de varias semanas".

Tabla 11:

Cantidad de muestras de lodo requeridas

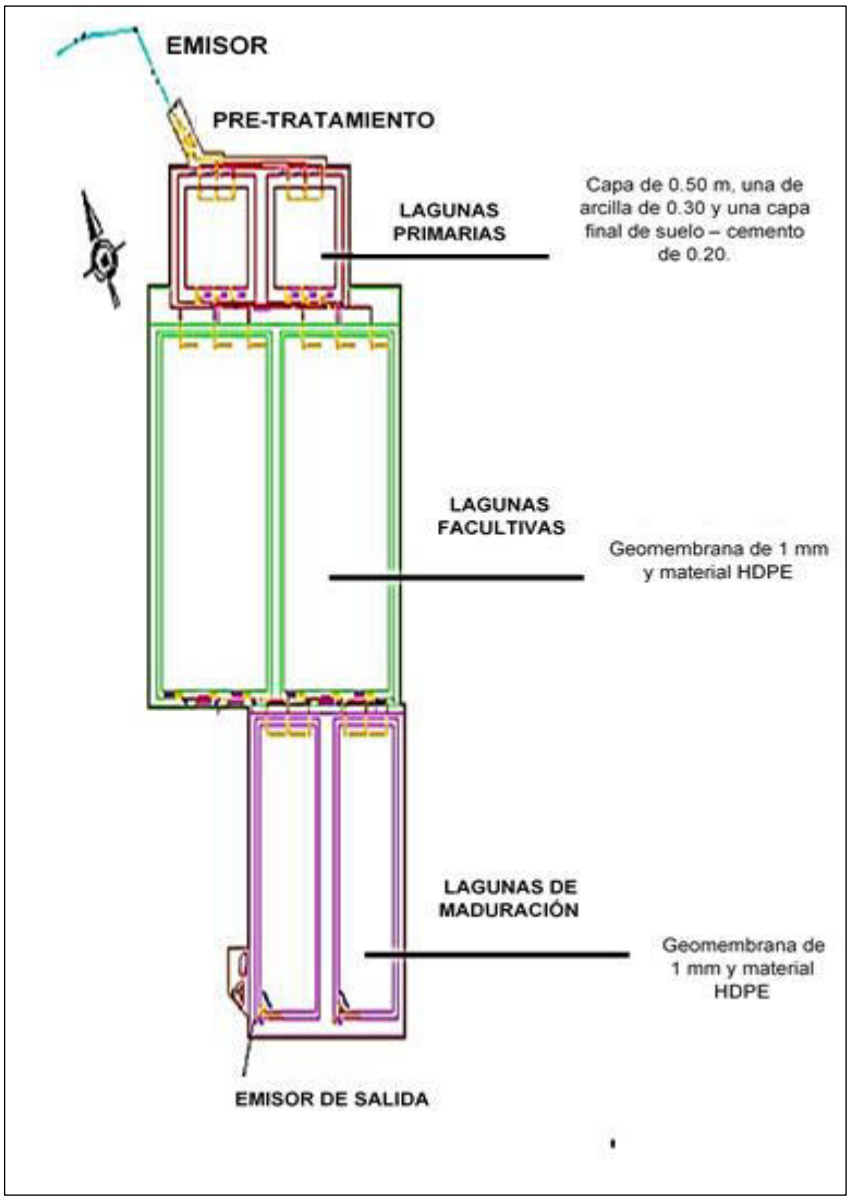
Tamaño de las PTAR en caudal L/s	Cantidad mínima de muestras puntuales "N"[1)3)] (Para preparar muestras compuestas)
< 10	15
≥10 <100	27
≥100<300	31
≥300	36

Fuente: *(Ministerio de Vivienda, 2018).*

La muestra se obtuvo de la laguna de tratamiento primario, debido a que es donde se genera mayor cantidad de lodos. Se tomaron muestras compuestas, debido a que el caudal de la PTAR Omo es de 134 L/s (Morocco Llampi & Paye Huallpa, 2022), se tomaron 31 muestras puntuales como se observar en la **Tabla *11*** y en el **Mapa 1** se presenta de manera grafica los puntos de donde se ha extraído los lodos, posteriormente se combinaron las muestras puntuales para tener una muestra compuesta general formando un total de 210 kg.

Figura 9:

Distribución de las lagunas facultativas de la PTAR OMO



Fuente: (Quispe Perez, 2017).

3.4.5. Aplicación del paquete microbiano:

La aplicación de los paquetes para el tratamiento de lodos se realizó en el vivero de la Universidad Nacional de Moquegua, para lo cual se consideró una ambientación adecuada, para aplicar los paquetes (1-5) en lodos obtenidos de la laguna de tratamiento primario. Se consideró dos controles con tres repeticiones (positivo y negativo), 5 tratamientos con tres repeticiones, como se muestra en la **Tabla 12**.

Tabla 12:
Numero de tratamientos y repeticiones de los lodos

Tratamientos	Repeticiones
Positivo $_{Agua}$ (+)	R1
	R2
	R3
Negativo $_{Sin\ Nada}$ (-)	R1
	R2
	R3
T1	R1
	R2
	R3
T2	R1
	R2
	R3
T3	R1
	R2
	R3
T4	R1
	R2
	R3
T5	R1
	R2
	R3

En la **Tabla 13** se muestra la cantidad de muestra de lodos para cada tratamiento a aplicar.

Tabla 13:
Aplicación del paquete.

Paquetes	Muestras$_1$	Muestras$_2$	Muestras$_3$

Positivo $_{Agua}$ (+)	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Negativo $_{Sin\ Nada}$ (-)	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Paquete 1	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Paquete 2	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Paquete 3	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Paquete 4	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Paquete 5	10 kg de lodo	10 kg de lodo	10 kg de lodo
Total		**210 kg de lodos**	

Para la aplicación del paquete, se consideró dos métodos de aplicación:

a) Aplicación de choque:

Consiste en realizar una primera aplicación y un primer contacto entre los paquetes con el medio a tratar (lodos), en esta etapa los microorganismos se adaptan al ambiente (Delgado Rojas, 2019).

b) Aplicación de mantenimiento:

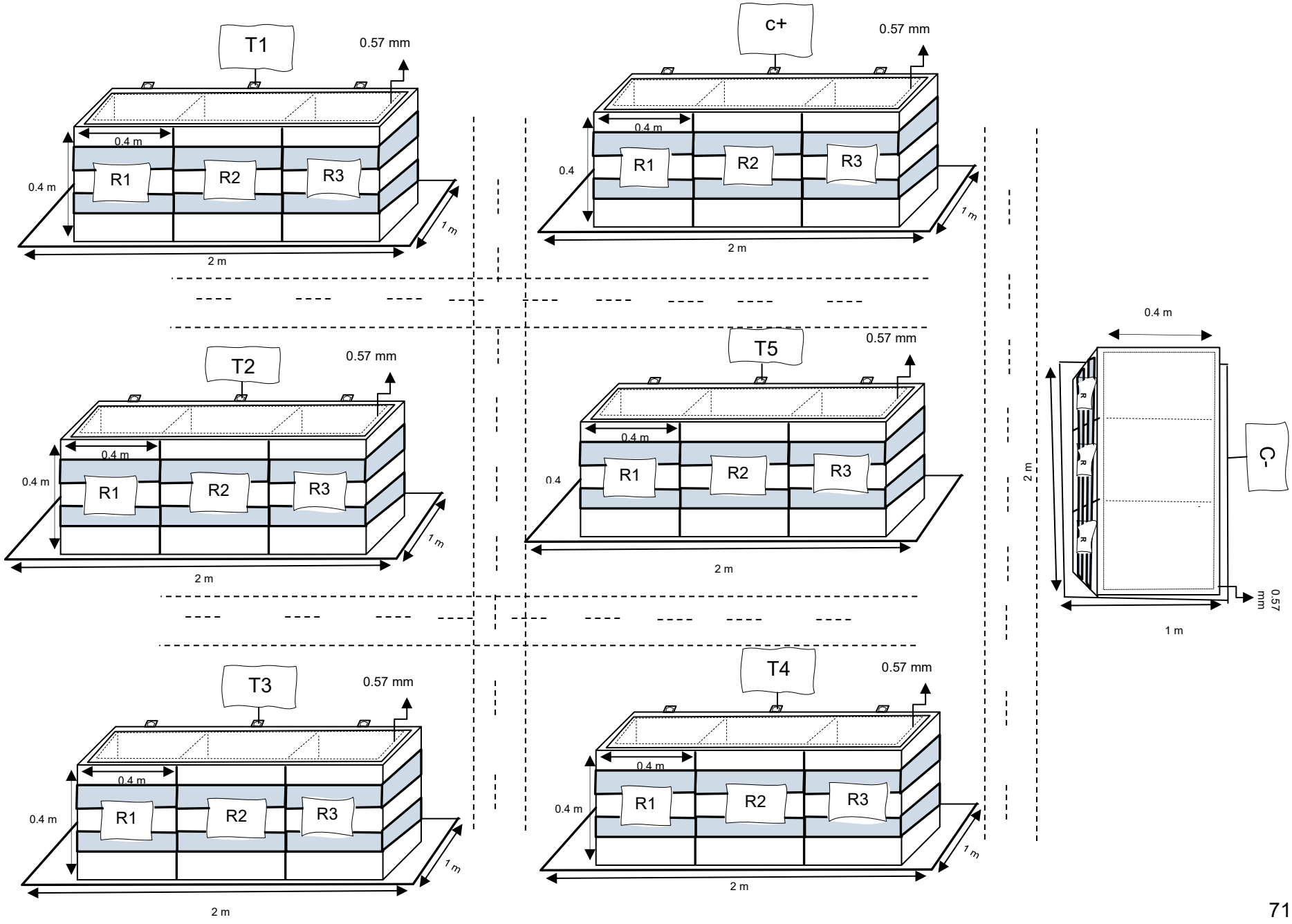
Esta aplicación es llamada también como optimización, se realiza pasando los 15 días después de haber iniciado el tratamiento, en esta etapa se establece a los microorganismos para una buena depuración, cubriendo el 100% de las muestras tratadas (Delgado Rojas, 2019).

Se aplico el 20% del paquete biotecnológico microbiano sustentable, en relación con el volumen total de las muestras a tratar.

Se realizó el análisis de parámetros microbiológicos de los lodos para evaluar eficiencia la capacidad de reducción de patógenos de cada uno de los paquetes, y obtener el paquete ganador que tiene mayor capacidad de eliminación de patógenos.

Figura 10:
Diseño experimental de lodos residuales




T1
0.57 mm
0.4 m
0.4 m
R1
R2
R3
1 m
2 m
C+
0.57 mm
0.4 m
0.4
R1
R2
R3
1 m
2 m
T2
0.57 mm
0.4 m
0.4 m
R1
R2
R3
1 m
2 m
T5
0.57 mm
0.4 m
0.4
R1
R2
R3
2 m
0.4 m
C-
2 m
0.57 mm
1 m
T3
0.57 mm
0.4 m
0.4 m
R1
R2
R3
1 m
2 m
T4
0.57 mm
0.4 m
0.4 m
R1
R2
R3
1 m
2 m

3.4.6. Monitoreo de parámetros

La toma de muestra de lodos antes y después para el análisis de parámetros físicos y biológicos de la aplicación del paquete biotecnológico microbiano sustentable, los parámetros a analizar se presentan en la **Tabla 14**. Se realizó el monitoreo de los parámetros físicos y organolépticos cada 12 horas después de la aplicación del tratamiento, durante 2 meses, para ver la capacidad de reducción de carga microbiana patógena.

Tabla 14:
Parámetros fiscos y biológicos a monitorear antes y después

Parámetros	Unidades
Físicos	
Temperatura	^{O}C
Conductividad	µS/cm
pH	Unidad
Organoléptico	
Olor	Unidad
Color	Unidad
Textura	Unidad
Cantidad	Kg de lodo
Biológicos	
Escherichia coli	NMP/g
Coliformes termotolerantes	NMP/g
Coliformes totales	NMP/g
Salmonella	Presencia/Ausencia
Huevos de parásitos	Presencia/Ausencia

Para la realización del análisis de los parámetros mencionados en la **Tabla 14**, se siguió la metodologías presentadas en los diagramas que se muestran en las **Tabla 15**, **Tabla 16** y **Tabla 17**, el análisis se realizó en el laboratorio de biología de la Universidad Nacional de Moquegua.

Tabla 15:

Determinación de Escherichia coli, Coliformes termotolerantes y Coliformes totales

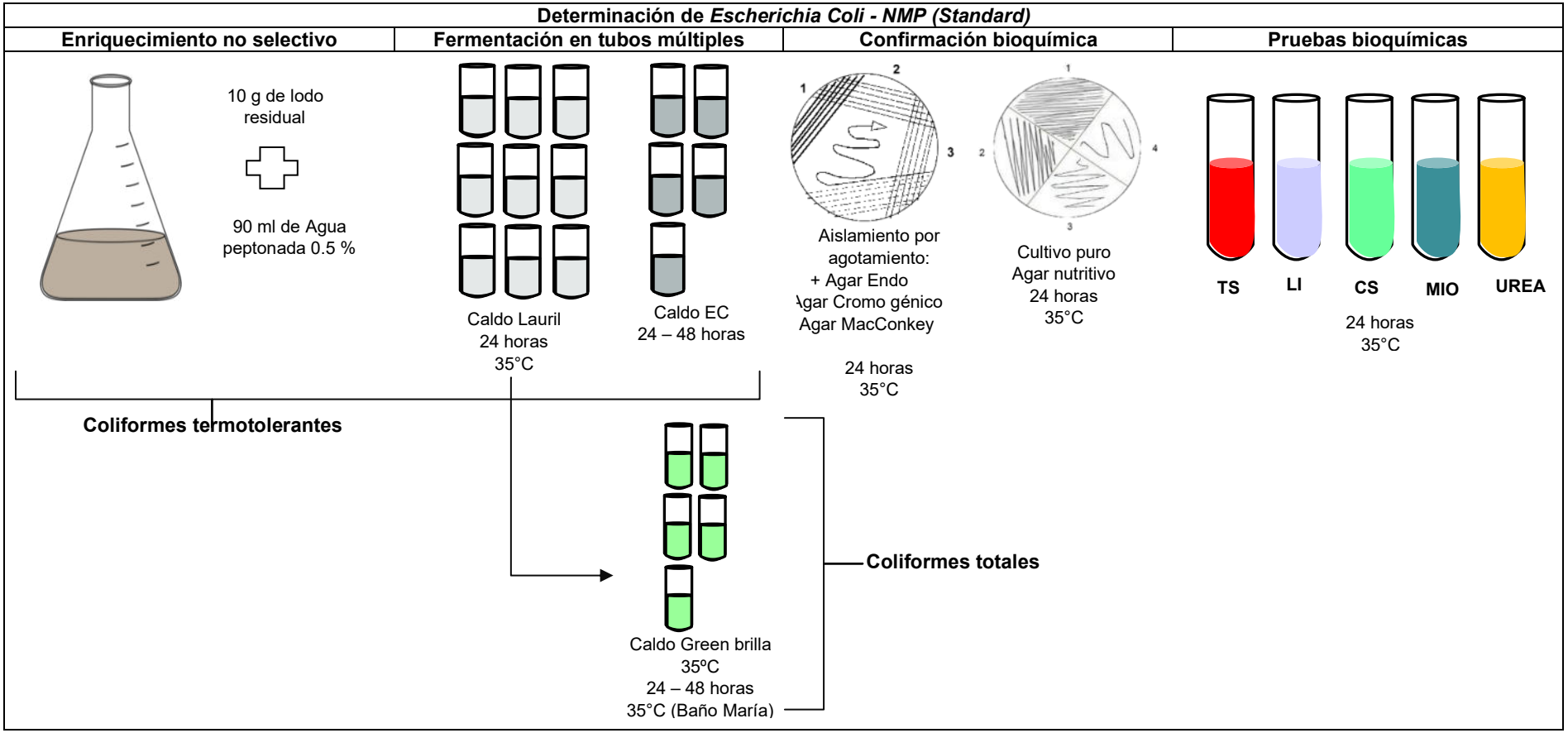


Tabla 16:
Determinación de presencia de Salmonella sp.

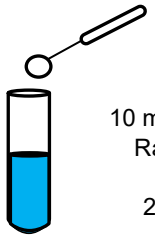
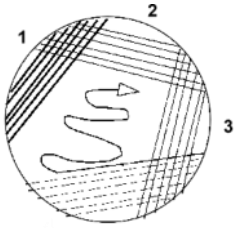
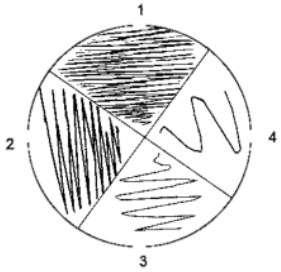
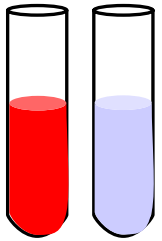
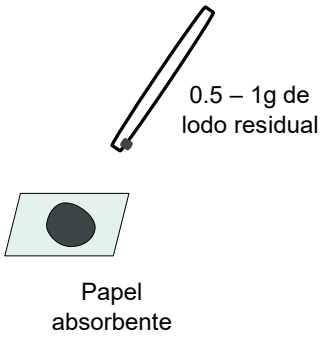
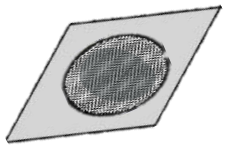
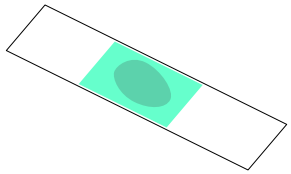
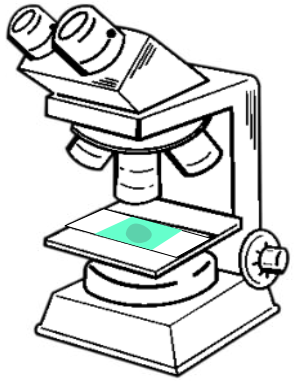
Determinación de *Salmonella*				
Enriquecimiento no selectivo	**Enriquecimiento selectivo**	**Aislamiento por agotamiento**	**Cultivo puro**	**Pruebas bioquímicas**
 25 g de lodo residual + 225 ml de Agua peptonada 100%	 10 ml de Caldo Rappaport 35°C 24 horas	 **En medios de cultivo:** Agar Rambach Agar XLD Agar SS 24 – 48 horas 35°C	 Agar nutritivo 24 horas 35°C	 **TSI** **LIA** 24 horas 35°C

Tabla 17:
Determinación de huevos de helmintos o parásitos por el método de Kato Kats.

Determinación de huevos de helmintos o parásitos			
Inducción de muestra	**Tamizado y fijación de muestra**	**Tinción con verde malaquita**	**Observación microscópica**
Se utilizo un palito de paleta esterilizado en seco, se tomó de 0.5 a 1 g de lodo residual, sobre el papel absorbente.  	Se coloco una malla de 2x3cm, sobre la muestra, y con el palito se comprime la malla para de esta manera tamizar la muestra. 	Luego se colocó el plástico sobre lamina portaobjeto, se levantó el molde de plástico dejando un círculo con la muestra en la lámina, después se colocó la laminilla con verde de malaquita y glicerina sobre la muestra, presionar con una tapa suavemente y se dejó al ambiente por 30 a 45 min. 	Finalmente se realizó la observación microscópica con objetivos de 40X y 100X 

Fuente:(Ministerio de salud, 2003).

3.5. Análisis estadístico:

Los datos del monitoreo fueron registrados en hojas de cálculo del programa Excel, para procesamiento inmediato en la base de datos del software IBM SPSS Statistics 25. Asimismo, se seleccionaron los datos cualitativos a ser procesados a través del uso de gráficos circulares y de barras. Debido a que estos tipos de gráfico permiten conectar varios puntos en unidades de tiempo (Adasme & Zúñiga, 2020).

Para analizar los datos obtenidos en el estudio sobre la reducción de la carga microbiana en lodos residuales mediante la aplicación de un paquete biotecnológico, se realizó inicialmente una prueba de normalidad utilizando el software SPSS. Este análisis se llevó a cabo para cada parámetro microbiológico evaluado en las siete unidades experimentales, que incluyeron cinco tratamientos con el paquete biotecnológico y dos controles (positivo y negativo). Los resultados indicaron que los datos no seguían una distribución normal, lo que llevó a la decisión de utilizar pruebas estadísticas no paramétricas, dado que estas son más adecuadas para datos que no cumplen con los supuestos de normalidad.

Dado que los datos presentaron una alta variabilidad y diferencias significativas entre las mediciones iniciales y finales, se aplicó una transformación logarítmica (log(x+1)) a cada uno de los parámetros microbiológicos antes de proceder con el análisis (Marín, 2004).

Esta transformación permitió reducir la dispersión, estabilizar las varianzas y garantizar la validez de los resultados estadísticos (Lopes Bhering, 2017).

Una vez transformados los datos, se calculó la diferencia entre las mediciones iniciales y finales para cada parámetro microbiológico en cada tratamiento, con el objetivo de cuantificar directamente el efecto de los tratamientos en la reducción de la carga microbiana.

Posteriormente, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para analizar las diferencias entre los tratamientos. Esta prueba fue seleccionada debido a su capacidad para comparar medianas entre múltiples grupos, independientemente de que los datos no sigan una

distribución normal ni presenten varianzas homogéneas (Zamora Mayorga et al., 2023).

El análisis fue ejecutado en SPSS, siguiendo un protocolo estadístico riguroso que consideró las transformaciones y ajustes realizados previamente.

Los resultados del análisis estadístico permitieron evaluar el impacto diferencial de los tratamientos con el paquete biotecnológico en comparación con los controles, identificando patrones significativos en la reducción de la carga microbiana patógena en los lodos residuales. Este enfoque metodológico aseguró la robustez y confiabilidad de las conclusiones del estudio, destacando la efectividad del paquete biotecnológico como una solución sustentable para la gestión de lodos en la PTAR.

A partir de tener los resultados de la diferencia de las medias, se aplicó la prueba estadística de comparación múltiple Tukey mediante la utilización del rango *studentizado* para conocer los medios que son distintos ordenados de menor a mayor, mientras controlamos el error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Aislamiento e identificación de bacterias:

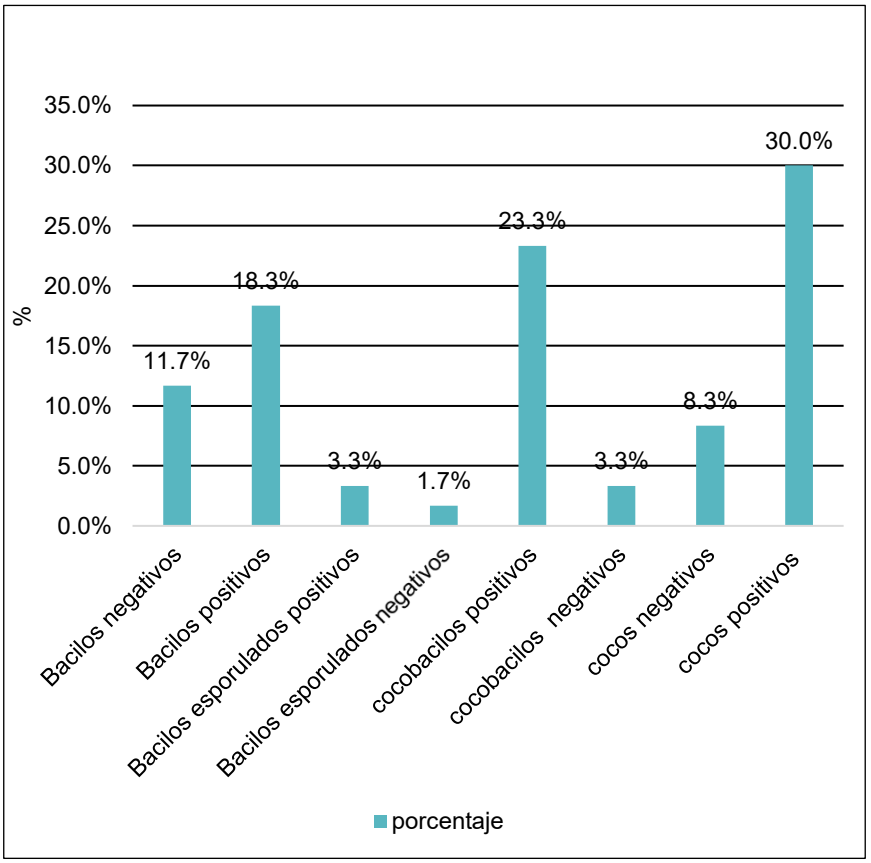
4.1.1.1. Aislamiento:

Se aisló un total de 86 cepas de bacterias cultivados en Agar nutritivo a 30 ºC, durante 24 horas, mediante diluciones seriadas en agua estéril. Las colonias obtenidas fueron aisladas en placas Petri conteniendo agar nutriente, para obtener un cultivo puro. A cada cultivo bacteriano purificado se realizó la correspondiente caracterización macro y microscópica. de las cuales el 44% provenientes de muestra de suelo, 20% en muestras de lácteos y 36% en muestras de frutas. De las cuales se seleccionaron 60 cepas para la formación de los paquetes biotecnológicos. El 75% representa a bacterias gran positivas y el 25% a bacterias gram negativas, entre ellas 21 son bacilos y 39 cocos, identificándose 8 tipos de bacterias detalladas.

La mayor diversidad de cepas de bacterias se presentó en muestras de suelo en relación con las muestras de lácteos y frutas. En general, el suelo contiene la mayor cantidad y diversidad de bacterias comparado con las frutas y los lácteos debido a la variedad de nichos ecológicos y la cantidad de nutrientes disponibles (Torsvik & Øvreås, 2002). Las frutas tienen una cantidad variable de bacterias dependiendo de su exposición al ambiente y el manejo postcosecha (Leff & Fierer, 2013). Los productos lácteos, especialmente después de la pasteurización, tienen menos bacterias, aunque los productos fermentados contienen bacterias beneficiosas (García et al., 2010).

Figura 11:

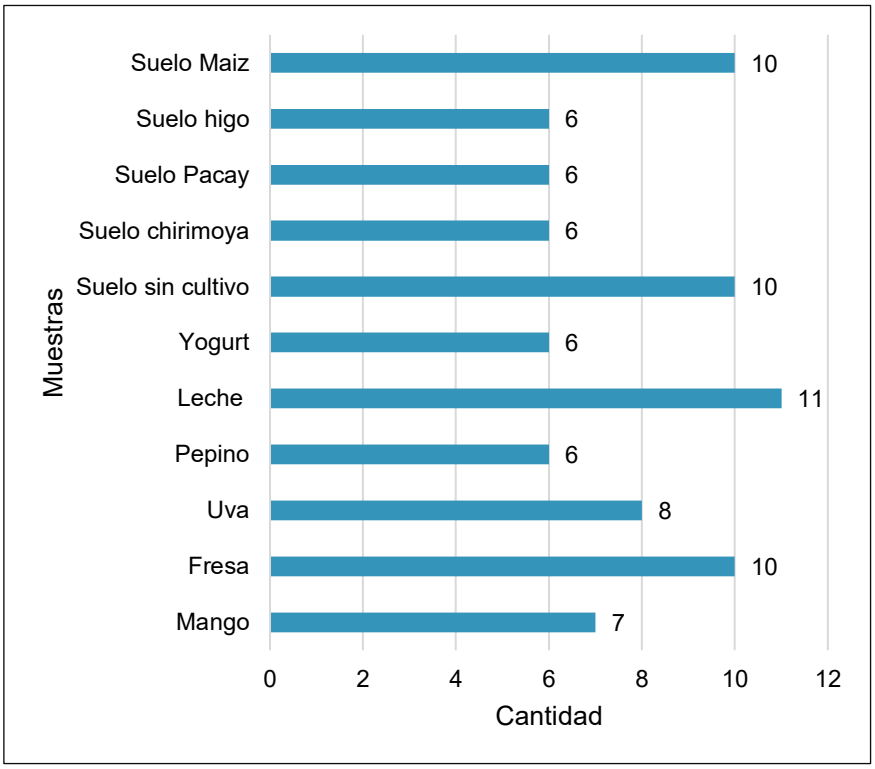
Porcentaje de tipo de bacterias aisladas según su forma, en muestra de suelo, fruta y lácteos



Nota: Se presenta de forma gráfica los tipos de bacterias aisladas según la observación microscópica.

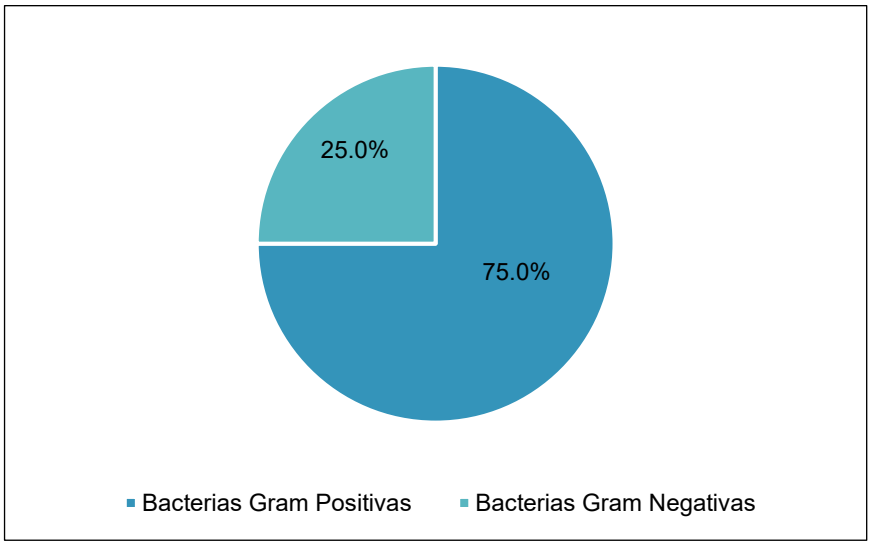
En la **Figura 11** se muestra el porcentaje de tipos de bacterias asiladas y seleccionadas para la composición de los paquetes biotecnológicos, según su forma morfológica y rigidez de su pared celular evaluada mediante microscopia óptica. En mayor porcentaje se aisló un total de 18 cepas del tipo de cocos positivos representando 30%, cocobacilos con una cantidad de 14 cepas representando 23.3%, bacilos positivos con una cantidad de 11 cepas representando 18.3%, bacilos negativos con total de 7 cepas representando 11.7%, cocos negativos con un total de 5 cepas representando 8.3%, bacilos esporulados positivos con un total de 2 cepas representando 3.3%, de igual manera se aisló cocobacilos negativos con 2 cepas y 3.3%, por último con menor porcentaje se aisló la bacteria negativa de tipo esporulado represento 1.7% del total.

Figura 12:
Bacterias aisladas según muestra empleada



La **Figura 12** se muestra la cantidad de bacterias aisladas según cada muestra utilizada (suelo, frutas y lácteos). En mayor cantidad se logró aislar 11 cepas de leche representando 13% del total de 86. En cuanto a las muestras de maíz, fresa y suelo sin cultivo se aisló un total de 10 cepas representando 12% para cada una, para las muestras de uva se aisló un total de 8 cepas representando 9%, para muestras de mango se aisló 7 cepas representando 8% y por último con una menor cantidad de cepas aisladas las muestras de higo, pacay, chirimoya, pepino y yogurt representaron solo el 7% del total cada una.

Figura 13:
Porcentaje de bacterias Gram positivas y Gram negativas aisladas

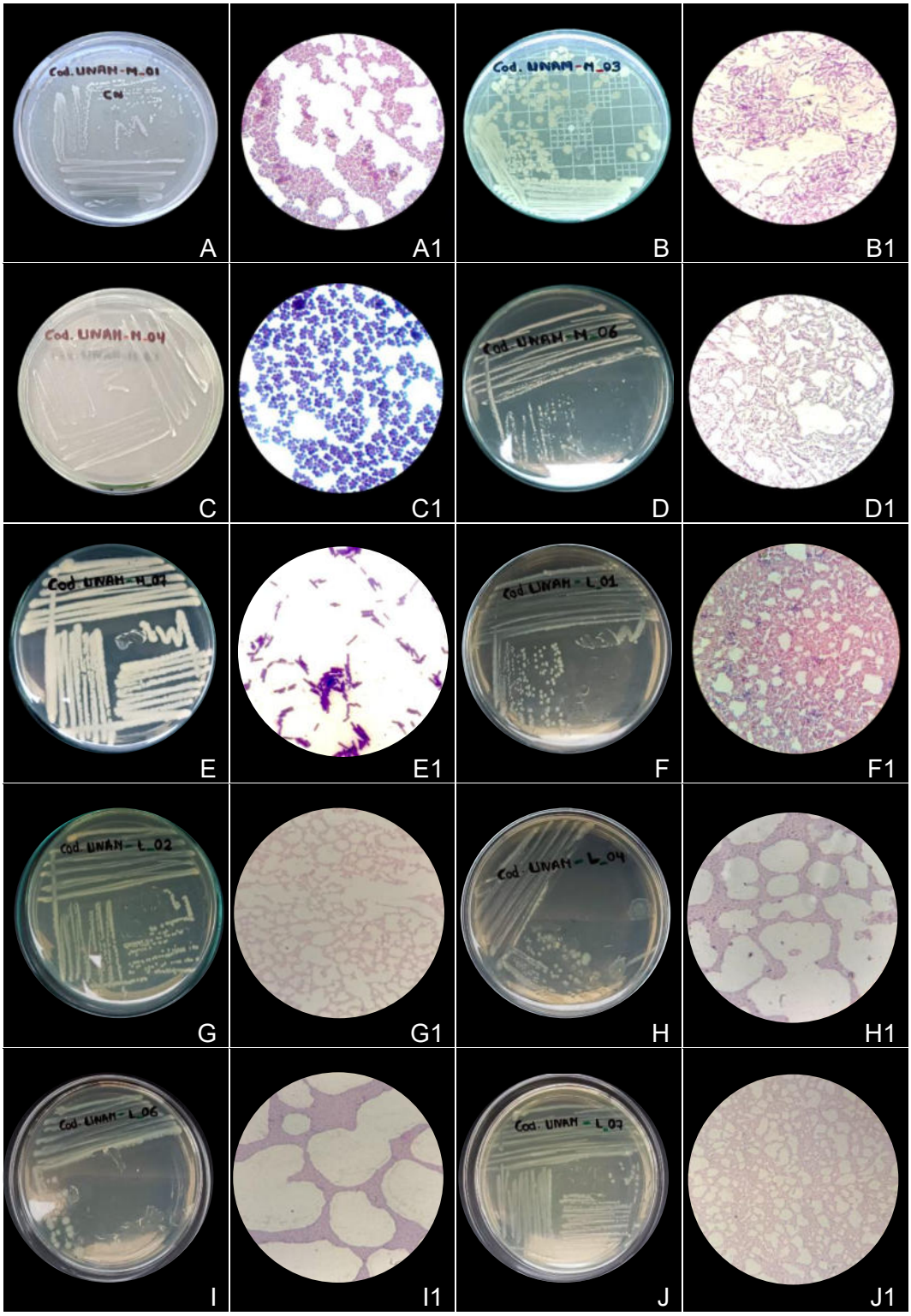


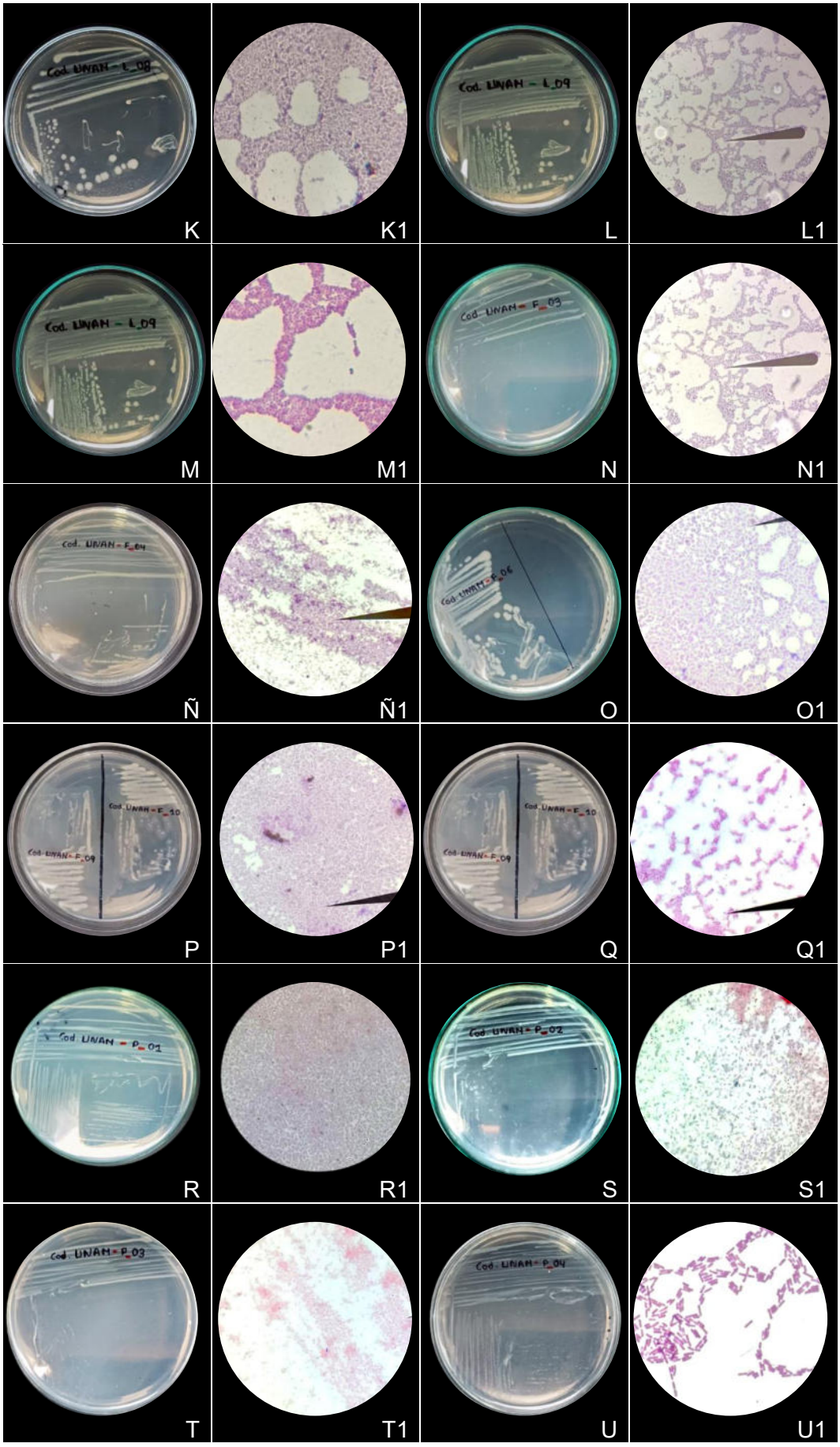
La **Figura 13** se muestra el porcentaje de bacterias Gram Positivas y Gram Negativas aisladas e identificadas mediante la prueba de Tinción Gram. En mayor porcentaje se identificó bacterias Gram Positivas con un total de 45 cepas representando 75%, en menor porcentaje se identificó bacterias gran negativas con un total de 15 cepas representando 25% del total, seleccionadas para la composición de los paquetes biotecnológicos.

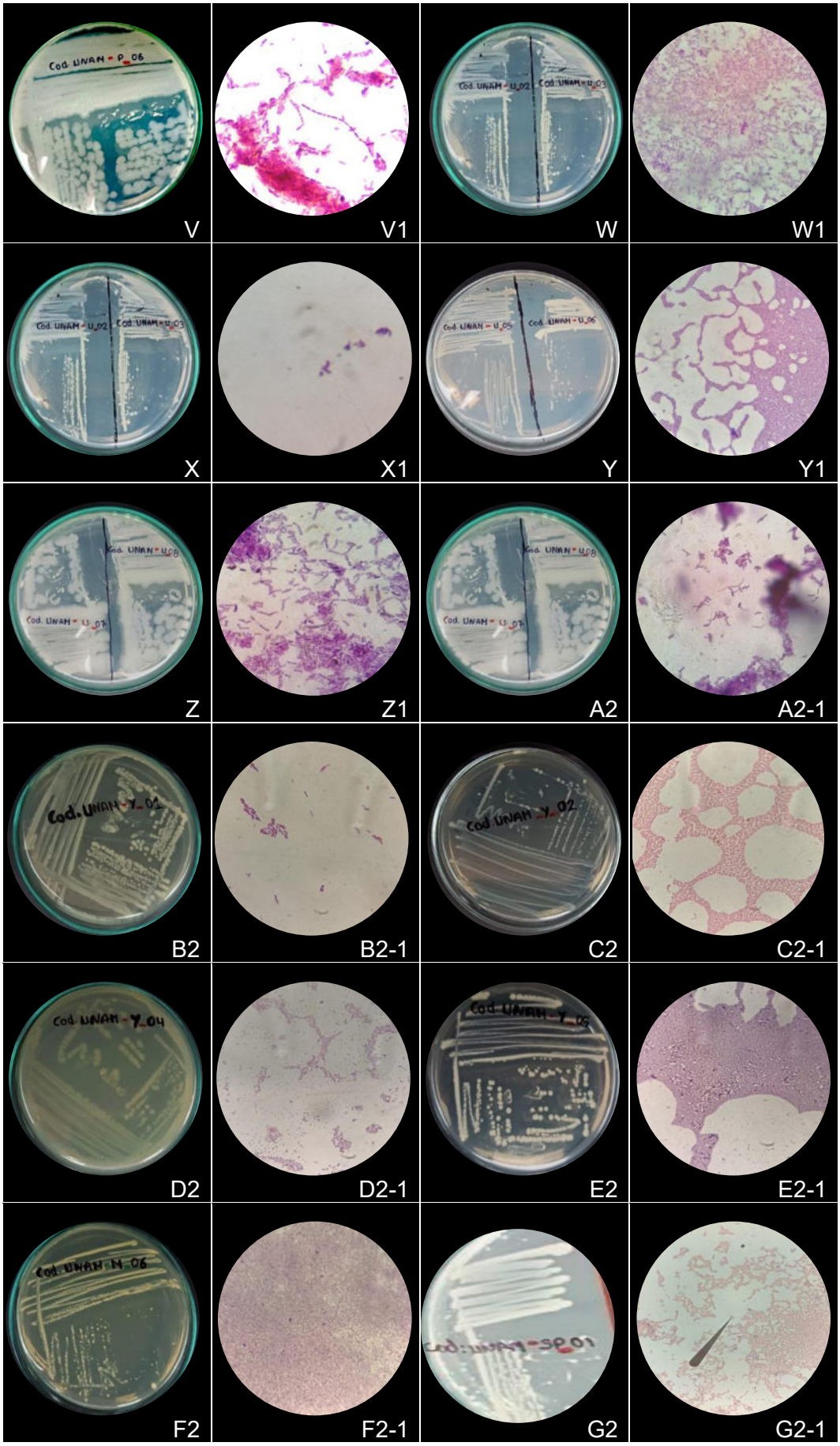
4.1.1.2. Selección y descripción de cepas:

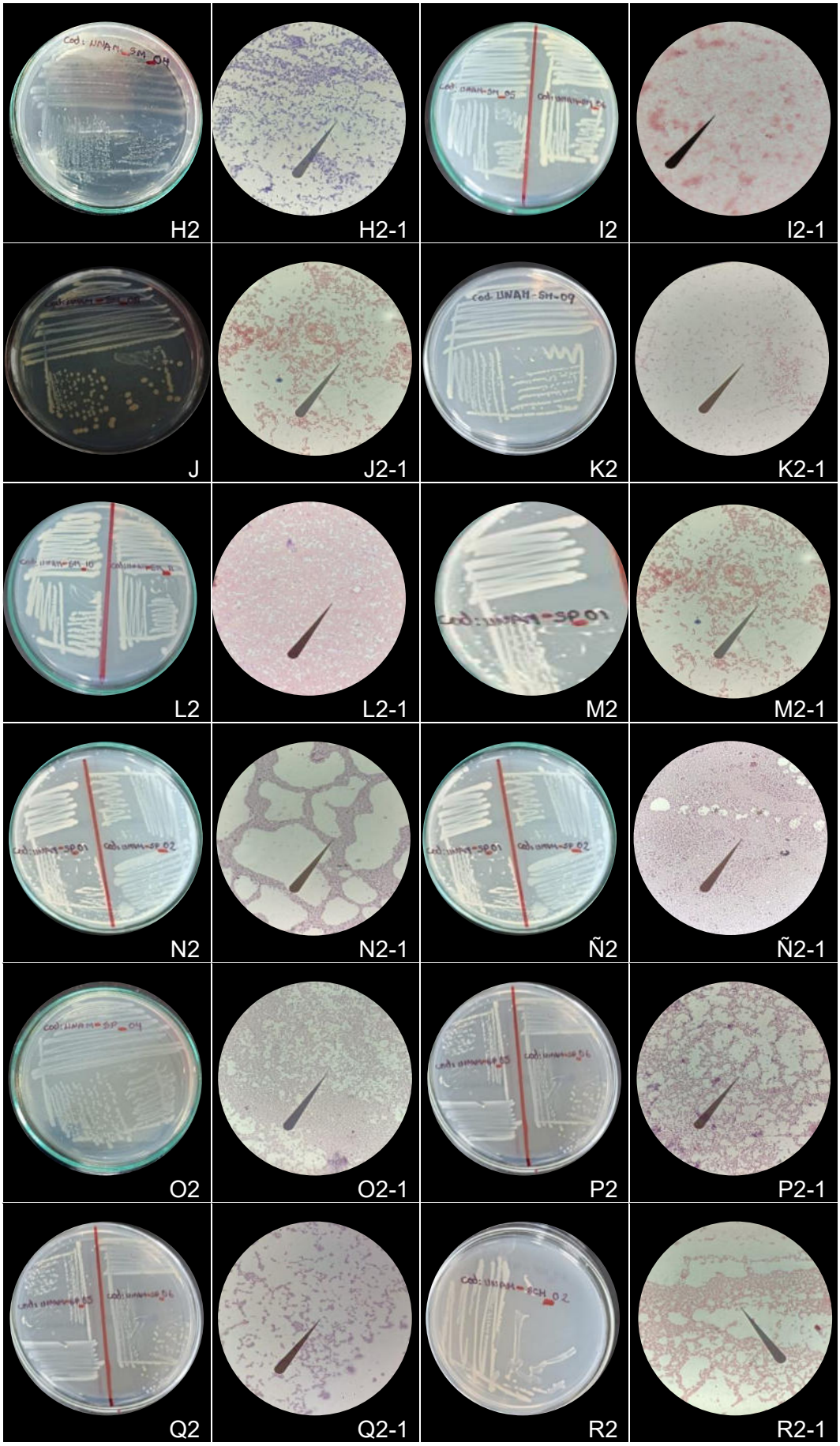
Del total de cepas, se realizó la selección de 60 cepas para la elaboración de los paquetes biotecnológicos, las características morfológicas y microscópicas se muestran en la **Figura 14** y se detallan en la **Tabla 18**.

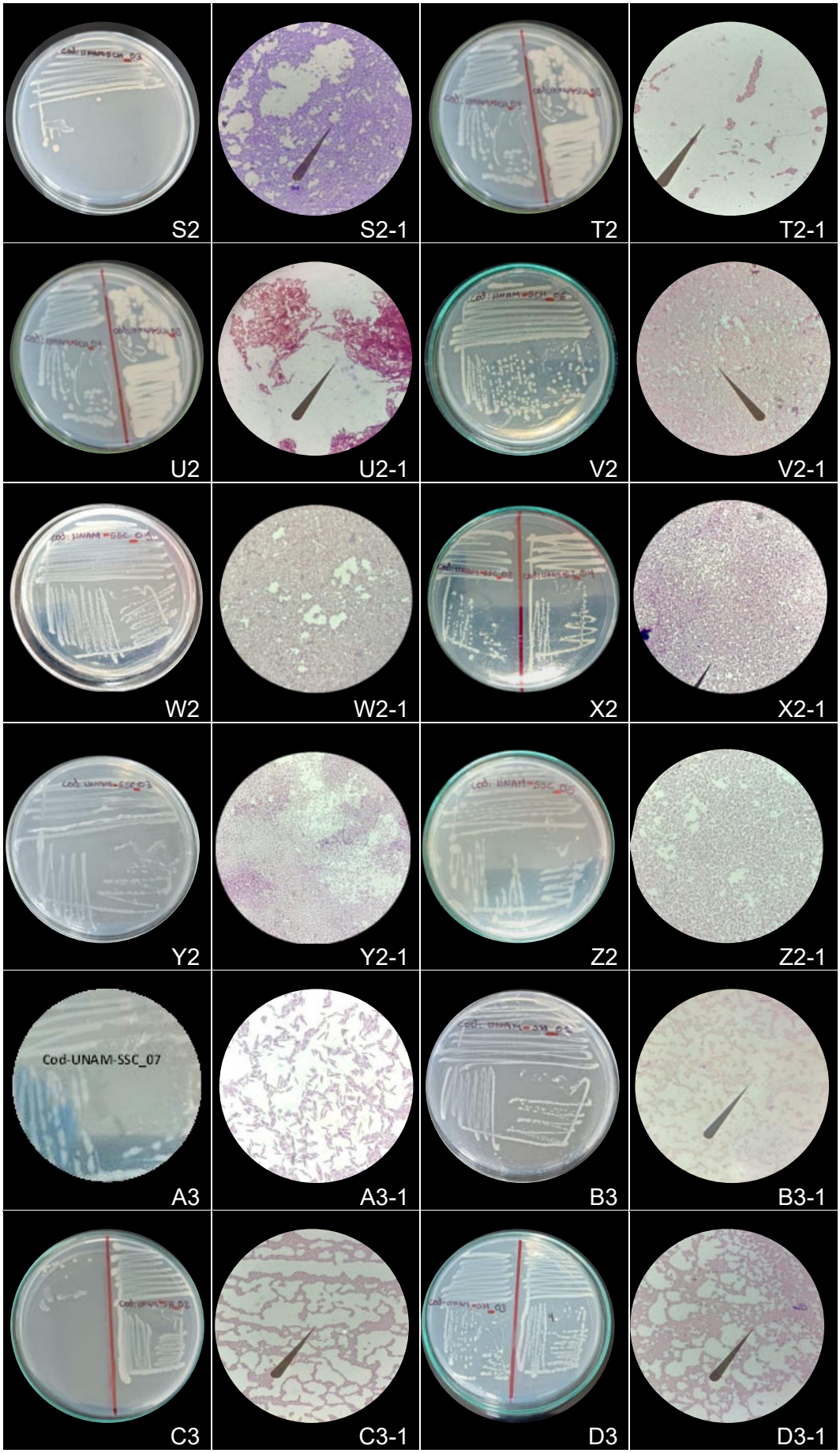
Figura 14:
Descripción macroscópica y microscópica de bacterias seleccionadas para formación de paquetes biotecnologicos.

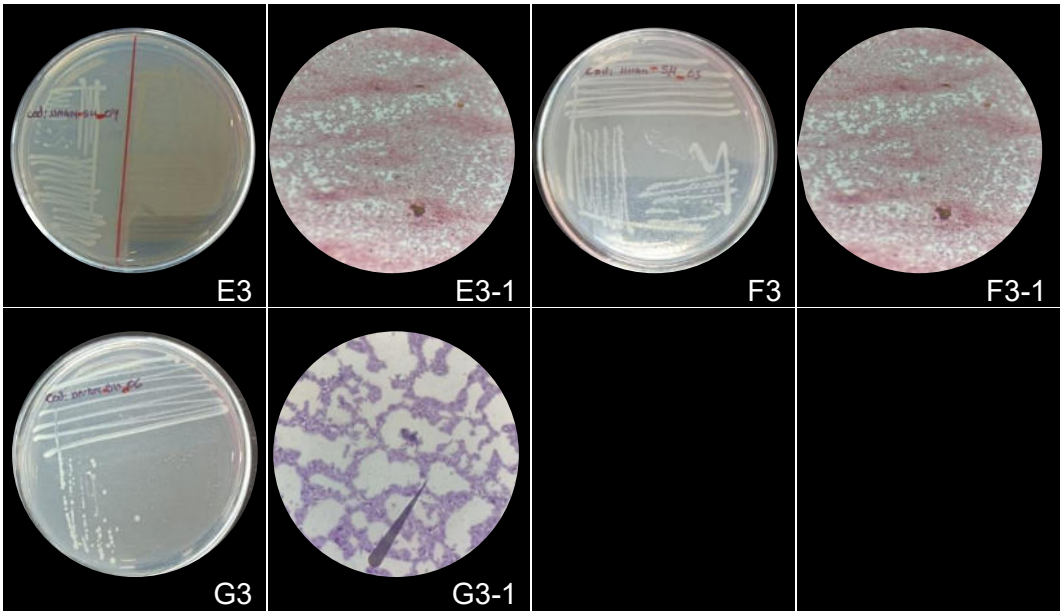



K
K1
L
L1
M
M1
N
N1
Ñ
Ñ1
O
O1
P
P1
Q
Q1
R
R1
S
S1
T
T1
U
U1


V
V1
W
W1
X
X1
Y
Y1
Z
Z1
A2
A2-1
B2
B2-1
C2
C2-1
D2
D2-1
E2
E2-1
F2
F2-1
G2
G2-1


H2
H2-1
I2
I2-1
J
J2-1
K2
K2-1
L2
L2-1
M2
M2-1
N2
N2-1
Ñ2
Ñ2-1
O2
O2-1
P2
P2-1
Q2
Q2-1
R2
R2-1


S2
S2-1
T2
T2-1
U2
U2-1
V2
V2-1
W2
W2-1
X2
X2-1
Y2
Y2-1
Z2
Z2-1
Cod-UNAM-SSC_07
A3
A3-1
B3
B3-1
C3
C3-1
D3
D3-1



Nota: Fotos macroscópicas de las cepas de bacterias(derecha) y Fotos microscópicas de las cepas de las bacterias(izquierda).

Tabla 18:

Descripción morfológica de aislamiento de bacterias seleccionadas

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
UNAM-M_01	A A1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.1 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-M_03	B B1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, mediano de 2.75 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos esporulados positivos con tinción purpura.
UNAM-M_04	C C1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, puntiforme de 0.35 mm, tiene una superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura de elevación pulvinada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-M_06	D D1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, puntiforme de 0.40 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para ornitina descarboxilasa y la prueba del indicador de pH (rojo de metilo), negativo para morbilidad, urea, indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), presencia H_2S y de gas. LIA ausencia de descarboxilación (K/A), presencia H_2S y gas.
UNAM-M_07	E E1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, mediano de 2.35 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia mucoide.

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
		Característica microscópica: bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - L_01	F F1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular de tamaño pequeño de 1.35 mm, tiene una superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica**: cocos positivos con tinción purpura.
UNAM – L_02	G G1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, pequeño de 1.45 mm, superficie de O y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** Estreptococos positivos con tinción purpura.
UNAM-L_04	H H1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.42 mm, superficie de T y B con ausencia de pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia dura. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-L_06	I I1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, mediano de 2.95 mm, superficie de T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-L_07	J J1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.40 mm, superficie T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación pulvinada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-L_08	K K1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, mediano de 2.35 mm, superficie de transparencia O con ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevado y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-L_09	L L1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, mediano de 2.05 mm, superficie T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad y la enzima catalasa, negativo para la prueba del indicador de pH (rojo de metilo), urea, ornitina descarboxilasa e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA hubo descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y gas.
UNAM-L_12	M M1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, mediano de 2 mm, superficie T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación pulvinada y consistencia dura. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-F_03	N	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, puntiforme de 0.55 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	N1	**Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para la enzima catalasa, negativo para urea, morbilidad, ornitina descarboxilasa e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges-Proskauer para la formación de acetona y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa(A/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia de H_2S y gas.
UNAM-F_04	Ñ Ñ1	**Característica macroscópica**: borde entero y forma circular, pequeño de 1.15 mm, superficie de transparencia O y brillo con pigmentación amarilla, textura lisa de elevación elevada y consistencia mucoide. **Característica microscópica**: bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-F_06	O O1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, grande de 3.05 mm, superficie de transparencia O y brillo con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica**: bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-F_09	P P1	**Característica macroscópica:** borde entero, forma circular, pequeño de 1.40 mm, transparencia O, ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, negativo para morbilidad, ornitina descarboxilasa e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano, asimismo para urea y la prueba del indicador de pH (rojo de metilo), presencia positiva de la enzima catalasa. TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S y presencia de gas, en cuanto LIA ausencia de descarboxilación (K/A), ausencia H_2S y gas.
UNAM-F_10	Q Q1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, grande 1.55 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-P_01	R R1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 0.55 mm, superficie de T y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-P_02	S S1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, puntiforme de 0.49 mm, superficie T y brillo, N/P, textura lisa, elevación plana y consistencia mucoide **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para indol habiendo degradación del aminoácido triptófano y también para la prueba de indicador de pH (rojo de metilo), negativo para morbilidad, ornitina descarboxilasa y urea y la enzima catalasa. TSI negativo en fermentación de azucares(K/K), ausencia H_2S y positivo en producción de gas, LIA descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y gas.

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
UNAM-P_03	T T1	**Característica macroscópica**: borde entero y forma circular, pequeño de 0.25 mm, superficie T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-P_04	U U1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, puntiforme de 0.15 mm, superficie T y brillo N/P, textura lisa de elevación plana y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa y para indol habiendo degradación del aminoácido triptófano, también para la prueba de indicador de pH (rojo de metilo). Negativo para la enzima catalasa, ureasa y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI no es fermentador de azucares (K/K), ausencia H_2S y presencia positiva de gas, en cuanto a LIA hubo descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y gas.
UNAM-P_06	V V1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, mediano de 2.55 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, al examinarla con luz transmitida se observa una textura rugosa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos esporulados negativos con tinción roja y rosada.
UNAM-U_02	W W1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.30 mm, transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación pulvinada y consistencia dura. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para ornitina descarboxilasa, negativo para la enzima catalasa, urea, morbilidad, e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetona y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermentadora de glucosa (K/A), ausencia de H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia de H_2S y presencia de gas.
UNAM-U_03	X X1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular de tamaño pequeño de 1.55 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-U_05	Y Y1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, grande de 1.05 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia dura. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-U_06	Y	**Característica macroscópica:** borde entero y forma, puntiforme de 0.92 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	Y1	**Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa y enzima catalasa, negativo para urea, e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetoina y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermenta glucosa (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia de H_2S y presencia de gas.
UNAM-U_07	Z Z1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, grande de 4.05 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos esporulados positivos con tinción purpura.
UNAM-U_08	A2 A2-1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, grande de 6.25 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** diplococos positivos con tinción purpura.
UNAM-Y_01	B2 B2-1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, grande de 5.35 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-Y_02	C2 C2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular de tamaño mediano de 1.35 mm, superficie de transparencia O y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación elevado y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos negativos con tinción roja y rosada.
UNAM-Y_04	D2 D2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.45 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plano y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos negativos con tinción roja y rosada.
UNAM-Y_05	E2 E2-1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, grande de 3.15 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM-Y_06	F2 F2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.50 mm, superficie de transparencia O y B con ausencia de pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia duro. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SM_01	G2	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, pequeño de1.02 mm, superficie T y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	G2-1	para morbilidad, ornitina descarboxilasa, la enzima catalasa y para indol en la degradación del aminoácido triptófano, también para la prueba de indicador de pH (rojo de metilo), negativo para la enzima ureasa y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetoina. TSI solo fermenta glucosa (K/A), ausencia H_2S y positiva de gas. LIA ausencia de la descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas
UNAM - SM_04	H2 H2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular de tamaño puntiforme de 0.62 mm, tiene una superficie T y brillo con pigmentación amarilla, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - SM_05	I2 I2-1	**Característica macroscópica:** borde lobulado y forma irregular, puntiforme de 0.72 mm, superficie T y brillo con pigmentación amarillo oscuro, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo ornitina descarboxilasa y la enzima catalasa, negativo para morbilidad, urea, indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas del indicador de pH (rojo de metilo) y Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S y presencia positiva de gas. LIA hubo descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y gas.
UNAM - SM_07	J2 J2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma fusiforme de tamaño pequeño de 1.02 mm, tiene una superficie de transparencia O y de brillo con pigmentación amarilla, textura lisa de elevación plana y consistencia dura. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - SM_08	K2 K2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.02 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - SM_10	L2 L2-1	**Característica macroscópica:** borde lobulado y forma irregular de tamaño pequeño de 0.52 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos negativos con tinción roja y rosada.
UNAM - SP_01	M2 M2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeña de 1.12 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa, la enzima catalasa y las prueba Voges- Proskauer para la formación de acetona. Negativo para urea e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermenta glucosa (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y gas.
UNAM - SP_02	N2	

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	N2-1	**Característica macroscópica:** borde lobulado y forma irregular, pequeño de 0.92 mm, superficie T con ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SP_04	Ñ2 Ñ2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.22 mm, superficie T B con ausencia de pigmentación, textura rugosa de elevación pulvinada y consistencia mucoide. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SP_05	O2 O2-1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, pulvinada de 0.92 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa y consistencia mucoide. **Característica microscópica**: bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - SP_06	P2 P2-1	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, pequeño de 0.40 mm, tiene una superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa y la enzima catalasa. Negativo para morbilidad, urea e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetoina y la prueba del indicador de pH (rojo de metilo). TSI fermenta glucosa (K/A), ausencia de H_2S y presencia de gas. LIA descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SCH_02	R2 R2-1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular de tamaño pequeño de 1.52 mm, superficie de transparencia O con ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos negativos con tinción roja y rosado.
UNAM-SCH_03	S2 S2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeña de 1.72 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para ornitina descarboxilasa, la enzima catalasa y la prueba del indicador de pH (rojo de metilo), negativo para morbilidad, urea e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetoina. TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA descarboxilación de la lisina (K/K), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SCH_04	T2	**Característica macroscópica:** borde ondulado y forma irregular, pequeño de1.92 mm, superficie T y brillo N/P, textura rugosa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. En la prueba MIO,

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	T2-1	positivo para morbilidad y ornitina descarboxilasa, negativo para indol sin la degradación del aminoácido triptófano, también para la prueba de indicador de pH (rojo de metilo), enzima catalasa, ureasa y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI fermenta glucosa (K/A), ausencia H_2S y presencia positiva de gas, LIA ausencia de la descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SCH_05	U2 U2-1	**Característica macroscópica:** borde lobulado y forma irregular, mediano de 2.62 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación plana y consistencia duro. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa, indol habiendo degradación del aminoácido triptófano y la enzima catalasa, negativo para urea y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetoina y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S, pero si presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SCH_06	V2 V2-1	**Característica macroscópica**: borde entero y forma circular, pequeño de 1.32 mm, superficie de transparencia O, con ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación pulvinada y consistencia suave. **Característica microscópica:** negativos con tinción roja o rosada. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, asimismo para morbilidad y ornitina descarboxilasa la enzima catalasa negativo para indol sin la degradación del aminoácido triptófano, también para la prueba de indicador de pH (rojo de metilo), ureasa y la prueba Voges-Proskauer para la formación de acetona. TSI fermentadora de glucosa (K/A), ausencia H_2S y presencia positiva de gas. LIA ausencia de la descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SSC_01	W2 W2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma, puntiforme de 0.92 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura rugosa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo para morbilidad, ornitina descarboxilasa y enzima catalasa, negativo para urea, e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetona y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermenta glucosa (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia de H_2S y presencia de gas.
UNAM-SSC_02	X2	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeña de 1.42 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura. **Característica metabólica:** positivo para CS como única fuente de carbono y compuesto amoniacal como única fuente de nitrógeno. Prueba MIO, positivo

Código	N° Morfotipos	Descripción macroscópica, microscópica y bioquímica
	X2-1	para morbilidad, ornitina descarboxilasa y la enzima catalasa, negativo para urea, e indol no habiendo degradación del aminoácido triptófano y las pruebas Voges- Proskauer para la formación de acetona y la prueba RM (rojo de metilo). TSI fermentación de glucosa, lactosa y sacarosa (A/A), ausencia H_2S y presencia de gas. LIA ausencia de descarboxilación de la lisina (K/A), ausencia H_2S y presencia de gas.
UNAM-SSC_03	Y2 Y2-1	**Característica macroscópica:** borde rizado y forma irregular, pequeño de 1.32 mm, superficie T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación pulvinada y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-SSC_05	Z2 Z2-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma fusiforme, mediano de 2.12 mm, superficie de T y B con ausencia de pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** bacilos positivos con tinción purpura.
UNAM-SSC_07	A3 A3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma fusiforme, pequeña de 1.22 mm, superficie T y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.
UNAM - SH_01	B3 B3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 0.82 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SH_02	C3 C3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular de tamaño pulvinada de 0.62 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación plana y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos negativos con tinción roja y rosada.
UNAM - SH_03	D3 D3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 0.92 mm, tiene una superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación convexa y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos negativos con tinción roja y rosada.
UNAM SH_04	E3 E3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 0.92 mm, tiene una superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SH_05	F3 F3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular, pequeño de 1.12 mm, superficie de transparencia O y ausencia de brillo y pigmentación, textura lisa de elevación elevada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocos positivos con tinción purpura.
UNAM - SH_06	G3 G3-1	**Característica macroscópica:** borde entero y forma circular de tamaño pequeño de 1.42 mm, tiene una superficie de transparencia O y B con ausencia de pigmentación, textura rugosa de elevación pulvinada y consistencia suave. **Característica microscópica:** cocobacilos positivos con tinción purpura.

Nota: CS: Citrato de Simons, TSI: Triple Sugar Iron Agar, LIA: Lysine Iron Agar. La observación para la caracterización microscópica fue de 100X.

4.1.1.3. Identificación:

Para la identificación de la familia y especie de las 60 bacterias aisladas para la conformación de los paquetes biotecnológicos, se utilizó la plataforma Bac Dive, para la introducción de características macroscópicas, microscópicas y bioquímicas en su base de datos de forma estandarizada. También se comparó con distintas fuentes bibliográficas.

En la lista se presentan una diversidad de cepas (30) con su respectiva dominancia (60); de las cuales, las de mayor dominancia llevan por nombre *Leuconostoc mesenteroides*, que representa el 12% del total, seguida por *Bacillus subtilis* (8%) y *Lactobacillus plantarum* (7%); estos porcentajes indican una concentración significativa en ciertos microorganismos, mientras que otras cepas están presentes en proporciones menores (oscilan del 2% al 5%). En la **Tabla 19** se presenta las cepas identificadas.

Tabla 19:
Identificación de cepas bacterianas aisladas

N°	Código	Cepa	Autores
1	UNAM -F_04	*Lactobacillus plantarum*	(Mendez Dimate, 2018);(Bou, 2024)
2	UNAM -L_08	*Lactobacillus acidophilus*	(Ramirez et al., 2011)
3	UNAM -SP_01	*Bifidobacterium bifidum*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
4	UNAM-SCH_06	*Leuconostoc mesenteroides*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
5	UNAM-SM_10	*Bacillus subtilis*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
6	UNAM-SH_03	*Streptococcus thermophilus*	(Otero, 2022)
7	UNAM-SP_06	*Bacillus subtilis*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
8	UNAM-M_03	*Streptococcus thermophilus*	(Morocho & Leiva Mora, 2019)
9	UNAM-L_02	*Lactobacillus reuteri*	(Rodríguez Gómez, 2006)
10	UNAM-SH_02	*Bacillus coagulans*	(Olveira Fuster & González Molero, 2007)
11	UNAM-L_12	*Bifidobacterium longum*	(Bou, 2024)
12	UNAM-M_06	*Lactobacillus plantarum*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
13	UNAM-F_09	*Lactobacillus rhamnosus*	(Morocho & Leiva Mora, 2019)
14	UNAM-L_09	*Lactobacillus rhamnosus*	(Rodríguez Gómez, 2006)
15	UNAM-SM_04	*Microspira smithii*	(Olveira Fuster & González Molero, 2007)
16	UNAM-L_06	*Lactobacillus helveticus*	(Rodríguez Gómez, 2006)
17	UNAM-SSC_05	*Bacillus amyloliquefaciens:*	(Margolles et al., 2018)
18	UNAM-SM_08	*Pseudomonas fluorescens*	(Good, 2015)
19	UNAM-M_07	*Lactobacillus casei*	(De Paula et al., 2018)
20	UNAM-SH_01	*Propionibacterium freudenreichii*	(De Paula et al., 2018)
21	UNAM-L_07	*Lactobacillus bulgaricus*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)

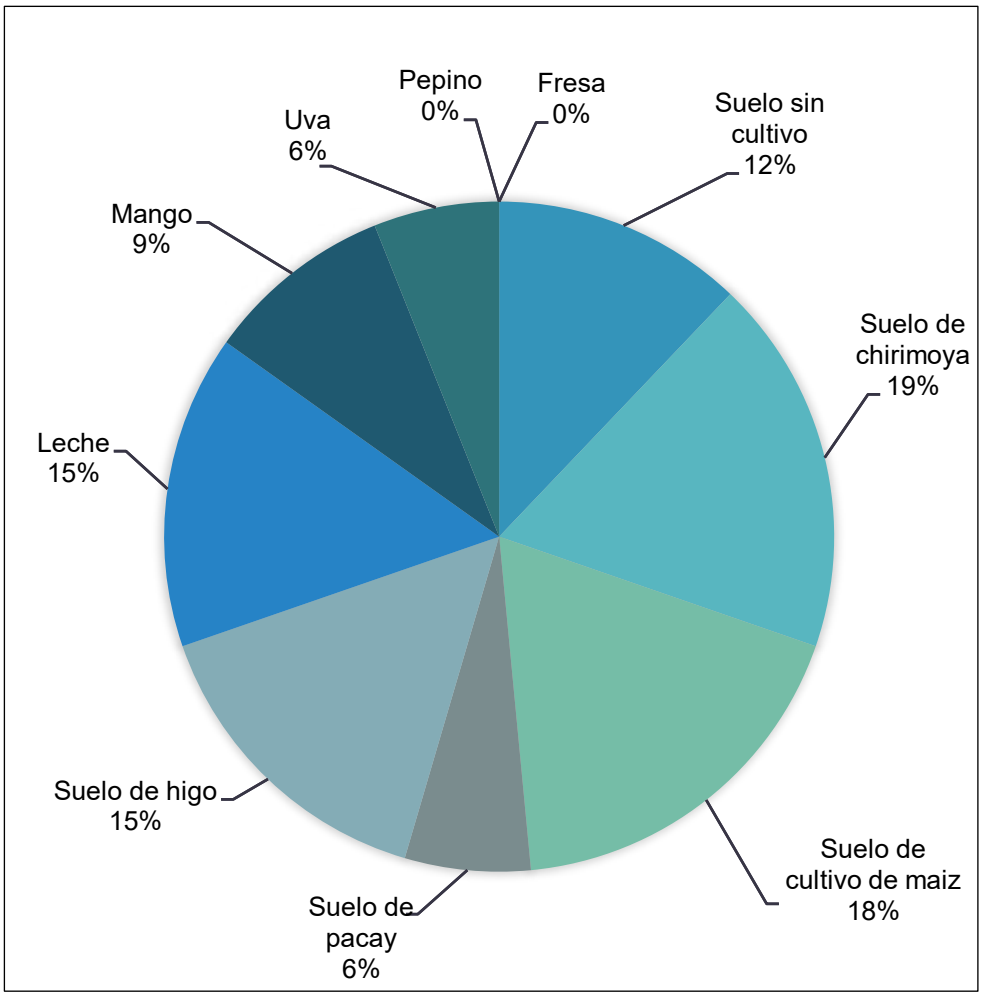
N°	Código	Cepa	Autores
22	UNAM-SP_05	*Streptococcus pneumoniae*	(Villamil Díaz & Martínez Silva, 2016)
23	UNAM-Y_04	*Lactobacillus reuteri*	(Villamil Díaz & Martínez Silva, 2016)
24	UNAM-U_05	*Acetobacter pasteurianus*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
25	UNAM-SM_07	*Rhizobium* sp.	(Villamil Díaz & Martínez Silva, 2016)
26	UNAM-L_04	*Lactobacillus bulgaricus*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
27	UNAM-Y_05	*Lactobacillus helveticus*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
28	UNAM-P_06	*Enterococcus faecium*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
29	UNAM-SM_05	*Bacillus amyloliquefaciens*	(Cáceres R & Gotteland R, 2009)
30	UNAN-SSC_02	*Bacillus amyloliquefaciens:*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
31	UNAM-SH_05	*Lactobacillus plantarum*	(Bou, 2024)
32	UNAM-SSC_01	*Streptomyces spp*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
33	UNAM-SCH_04	*Bacillus subtilis*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
34	UNAM-SP_04	*Pediococcus acidilactici*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
35	UNAM-P_03	*Lactobacillus gasseri*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
36	UNAM-M_01	*Leuconostoc mesenteroides*	(Ramirez et al., 2011)
37	UNAM-P_02	*Klebsiella pneumoniae*	(J. Suárez, 2013)
38	UNAM-SM_01	*Clostridium spp*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
39	UNAM-U_03	*Bacillus subtilis*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
40	UNAM-SP_02	*Bifidobacterium adolescentis*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
41	UNAM-F_06	*Leuconostoc mesenteroides*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
42	UNAM-SCH_02	*Lactobacillus brevis*	(Ramirez et al., 2011)
43	UNAM-F_03	*Pediococcus acidilactici*	(Cáceres R & Gotteland R, 2009)
44	UNAM-SCH_05	*Lactobacillus fermentum*	(Cáceres R & Gotteland R, 2009)
45	UNAM-SSC_07	*Bacillus subtilis*	(Organización Mundial de la Salud, 2011)
46	UNAM-Y_01	*Lactobacillus helveticus*	((Villamil Díaz & Martínez Silva, 2016)
47	UNAM-F_10	*Leuconostoc mesenteroides*	(Guerrero Alva & Gamarra Ballena, 2006)
48	UNAM-SH_06	*Leuconostoc mesenteroides*	(H. Lopardo, 2016; Rodríguez Gómez, 2006)
49	UNAM-U_08	*Propionibacterium freudenreichii*	(Vinderola, 2014)
50	UNAM-Y_02	*Lactobacillus gasseri*	(Good, 2015)
51	UNAM-P_04	*Bifidobacterium longum*	(Tordera Castro, 2017)
52	UNAM-SH_04	*Pediococcus acidilactici*	(Otero, 2022)
53	UNAM-L_01	*Lactobacillus acidophilus*	(Otero, 2022)
54	UNAM-Y_06	*Lactobacillus plantarum*	(Mendez Dimate, 2018);(Bou, 2024)
55	UNAM-SCC_03	*Bifidobacterium longum*	(Tordera Castro, 2017)
56	UNAM-P_01	*Streptococcus salivarius*	(J. Suárez, 2013)
57	UNAM-U_02	*Leuconostoc mesenteroides*	(Villamil Díaz & Martínez Silva, 2016)
58	UNAM-U_07	*Lactobacillus rhamnosus*	(H. A. Lopardo et al., 2011)
59	UNAM-M_04	*Leuconostoc mesenteroides*	(Morocho & Leiva mora, 2019)
60	UNAM-SCH_03	*Streptococcus thermophilus*	(Ramirez et al., 2011)

4.1.2. Aislamiento e identificación de hongos:

4.1.2.1. Aislamiento:

Se aisló un total de 33 cepas de hongos cultivados en PDA a 25 ºC, el 70% provenientes de muestra de suelo, 15% en muestras de leche natural y 15% en muestras de frutas, como se presenta en la **Figura 15**, la mayor diversidad de cepas de hongos se presentó en muestras de suelo en relación con las muestras de leche natural y frutas. Al respecto diversos trabajos mencionan que de las más de 80.000 especies de hongos la gran parte se encuentran en el suelo en alguna etapa de su ciclo de vida (Bridge & Spooner, 2001), debido a las propiedades edáficas del suelo (Schlatter et al., 2018), a su sistema biológico dinámico y complejo (Nazir *et al*., 2024).

Figura 15:
Aislamiento de hongos y cantidad por muestra

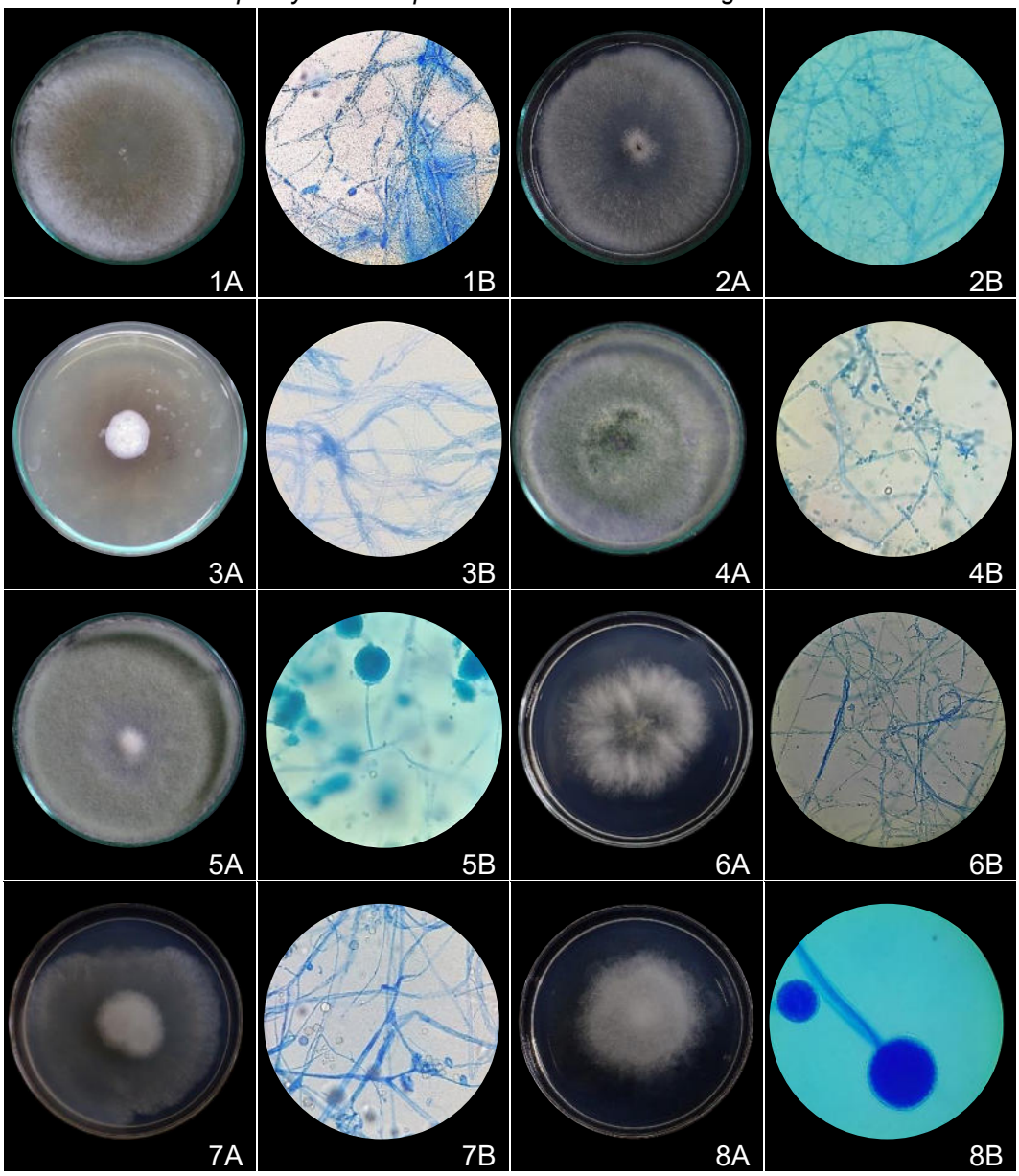


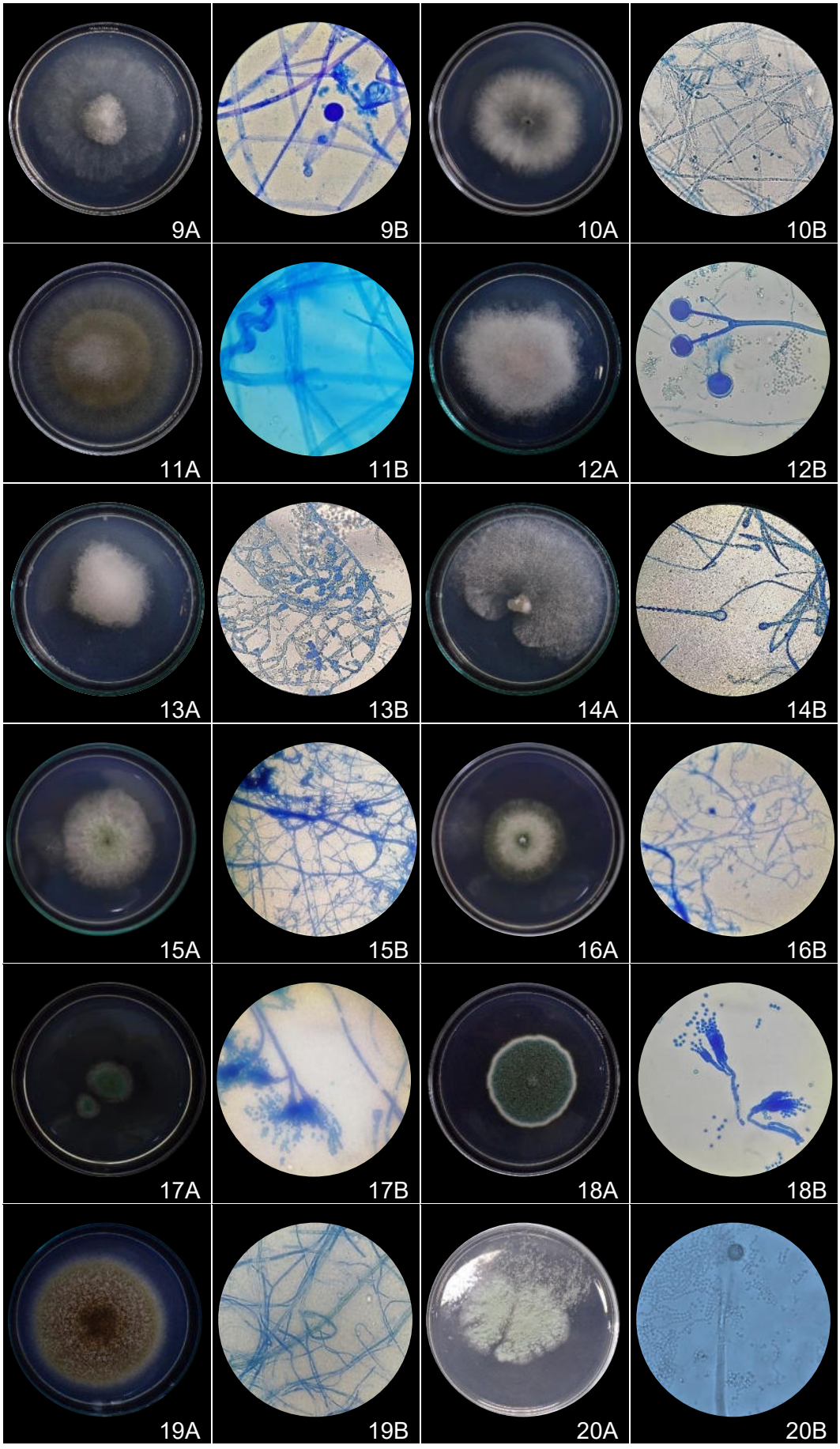
Nota: Se muestra a detalle el porcentaje y cantidad de cepas aisladas de diversas muestras.

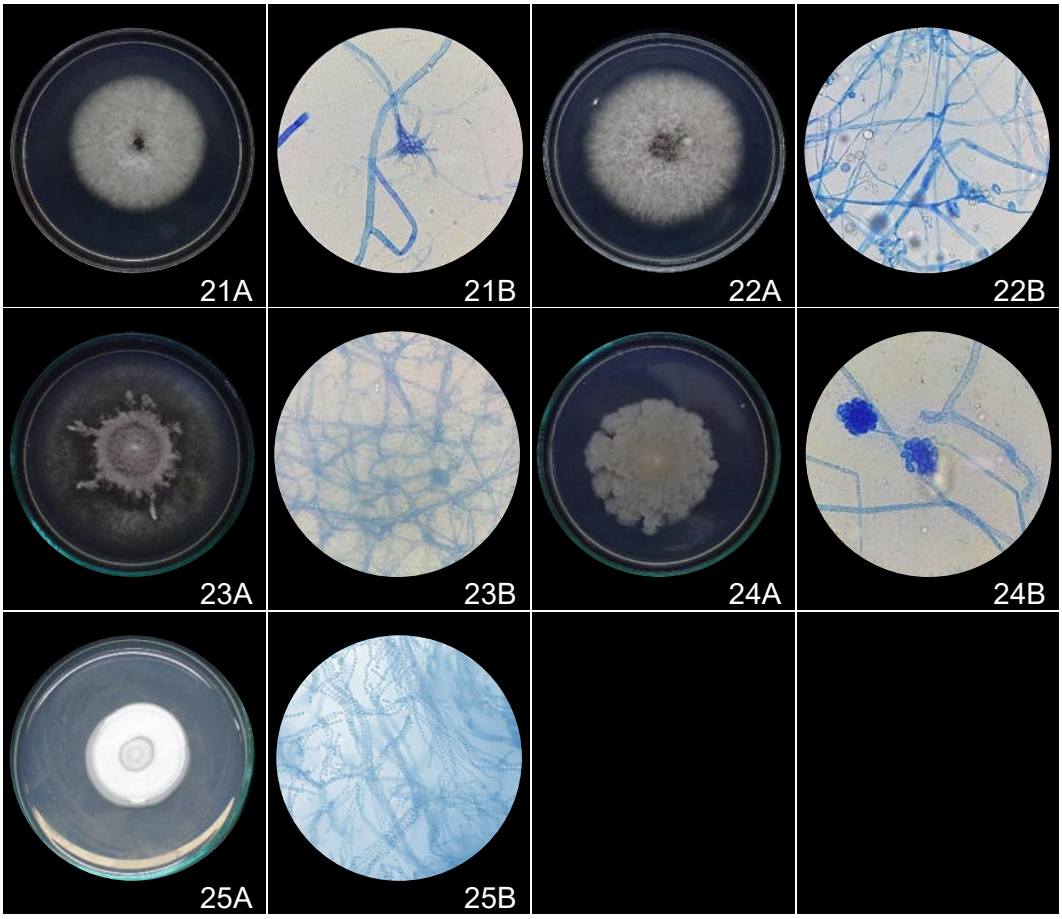
4.1.2.2. Selección y descripción de cepas:

Del total de cepas, se realizó la selección de 25 cepas para la elaboración de los paquetes biotecnológicos, estos presentaron colonias de textura algodonosa y coloraciones entre blancas a más oscuras, márgenes irregulares. Las diversas características morfológicas y microscópicas se muestran en la **Figura 16** y se detallan en la **Tabla 20**.

Figura 16:
Desarrollo macroscópico y microscópico de las colonias de hongos aislados




9A
9B
10A
10B
11A
11B
12A
12B
13A
13B
14A
14B
15A
15B
16A
16B
17A
17B
18A
18B
19A
19B
20A
20B



Nota: A: Fotos macroscópicas de las cepas de los hongos y B: Fotos microscópicas de las cepas de los hongos.

Se obtuvo un mínimo aislamiento debido al uso único del medio PDA como fuente de enriquecimiento utilizado en la presente investigación. Según un estudio, el uso de un solo medio también provoca la disminución de diversidad, debido a que solo un 17% puede cultivarse con éxito (Bridge & Spooner, 2001). La **Figura 16** muestran imágenes macroscópicas y microscópicas de las colonias de hongos filamentosos y en la **Tabla 20** muestras las descripciones macroscópica y microscópica de las 25 cepas, las cuales fueron analizadas desde el quinto y el séptimo día respectivamente.

Tabla 20:
Descripción macroscópica (anverso y reverso) y microscópica de los hongos seleccionados para el paquete biotecnológico

Código	N°	Características macroscópicas (anverso y reverso)
UNAM-SSC_01	1A	Colonia circular de crecimiento en placa completa, color blanco con tonos café en el centro, textura algodonosa dura, margen filamentoso. Reverso, color café claro con bordes filamentosos.
	1B	Hifas con forma lineal, presencia de septos cenocíticas y hialinas.
UNAM-SSC_03	2A	Colonia circular de crecimiento en placa completa, color blanco contorno filamentoso irregular, textura algodonosa, superficie elevada en el centro, en la parte media poco crecimiento y en los bordes mayor concentración. Reverso, color blanco mantecoso con borde filamentos bien definido.

Código	N°	Características macroscópicas (anverso y reverso)
	2B	Hifas de septos cenocíticas, con forma de rizoides nodales, conidios asexuales, conidióforos rectos.
UNAM-SSC_04	3A	Colonia rizada con crecimiento lento, tamaño de 5cm, color blanco, textura aterciopelada con anillos concéntricos blancos bien definidos. Reverso, color crema con aros bien definidos de borde rizada.
	3B	Hifas con septos cenocíticas y forma lineal.
UNAM-SCH_01	4A	Colonia circular de crecimiento en placa completa, color de superficie verde polvoriento, textura polvorienta verde en el centro y algodonoso al costado, margen filamentoso. Reverso, color verde con bordes blanco con borde filamentoso.
	4B	Esporas asexuales, con conidios de color feospora y tipo de brotación simpodulospora, hifas pigmentadas septos cenocíticas de forma lineal
UNAM-SCH_02	5A	Colonia circular de crecimiento en placa completa, color verde claro, textura algodonosa, con elevación en la parte centro de color blanco y verde en los bordes, margen filamentoso. Reverso color amarillo de borde filamentosa.
	5B	Esporas de tipo asexual conidios, microconidias de forma globosa con pared delgada con disposición de columnas regulares, hifas hialinas septadas forma lineal.
UNAM-SCH_05	6A	Colonia irregular, tamaño de 6 cm, color blanco con contorno filamentoso, textura algodonosa con pelusas grandes y empinadas. Reverso, color blanco con borde irregular filamentosa
	6B	Hifas pigmentadas con septos cenocíticas y formas cuerpos nodulares, con conidios sueltos con color feospora.
UNAM-SCH_06	7A	Colonia irregular, tamaño 8.5 cm, color blanco cremoso, textura algodonosa, en el centro presenta elevación algodonosa con terminaciones plana. Reverso color blanco mantecoso con borde irregular filamentosa.
	7B	Hifas con color hialinas, no septadas, forma de cuerpos nodulares; esporas asexuales clamidosporas.
UNAM-SM_01	8A	Colonia irregular, tamaño 5.5, color blanco, textura cremoso y algodonoso en el centro, en el centro presenta elevación algodonosa muy concentrada. Reverso, color blanco con forma de anillos concéntricos y con borde filamentoso.
	8B	Esporas de tipo asexual esporangiospora, hifa no septada, color hialinas, con forma lineal.
UNAM-SM_03	9A	Colonia irregular, tamaño 7.2 cm, color banco, textura algodonoso plano en los extremos y en el centro algodonosa aterciopelada, forma de colonia filamentosa, margen filamentosa. Reverso, color amarillo mantecoso con borde filamentoso.
	9B	Esporas de tipo asexual esporangiospora, hifa no septada, color hialinas, forma lineal.
UNAM-SM_04	10A	Colonia irregular, tamaño 6.57 cm, color blanco, textura algodonosa, en el centro presenta color o puntos verdes con negro, margen filamentosa. Reverso, color blanco mantecoso con borde filamentoso irregular.
	10B	Hifas con color hialinas, no septadas de forma lineal, con microconidias de forma subglobosa, pared delgada, columnas sueltas.
UNAM-SM_06	11A	Colonia circular, con crecimiento en placa completa, color blanco amarillento, textura algodonosa, margen elevado-filamentosa. Reverso, color amarillo con borde filamentoso.
	11B	Hifas no septadas, pigmentadas, forma espirales y lineales.

Código	N°	Características macroscópicas (anverso y reverso)
UNAM-SP_01	12A	Colonia irregular, tamaño 8 cm, color blanco, textura algodonosa, en el centro presenta crecimiento elevación algodonosa a la altura de la tapa. Reverso, color rojo con borde blanco filamentoso.
	12B	Esporas de tipo asexual esporangiospora, hifas pigmentadas, sin septos y en forma lineal.
UNAM-SP_02	13A	Colonia irregular, tamaño 6 cm, color blanco, textura centro algodonoso con terminaciones cremas hacia los bordes, en el centro presento elevación hacia la tapa, margen filamentoso. Reverso, color blanco cremoso y borde filamentoso.
	13B	Espora asexual clamidospora, hifas septadas, color helianas de forma candelabro favico.
UNAM-SH_01	14A	Colonia irregular, tamaño 9.2 cm con crecimiento para una mitad de placa, color blanco con puntos negros aéreos, textura algodonosa con hifas muy alargadas, en el centro inicia como un árbol, margen filamentoso. Reverso, color blanco con borde filamentosa bien definidas.
	14B	Espora asexual con esporangios sin esporas, hifas pigmentadas, no septada de forma lineal.
UNAM-SH_02	15A	Colonia circular, tamaño 7.5cm, color blanco y verde en el centro, textura algodonosa, bajo crecimiento y bordes blancos, márgenes filamentosos. Reverso, color blanco verdusco, hifas largadas con aros concéntricos con borde filamentoso.
	15B	Hifas pigmentadas, sin septos, forma de rizoides nodales.
UNAM-SH_03	16A	Colonia circular, tamaño 6, color blanco amarillento, textura algodonosa, con tres anillos concéntricos, la primera blanca, segunda verde y tercera amarillenta, margen filamentoso. Reverso, color amarillo con borde blanco filamentoso bien definido.
	16B	Hifas pigmentadas, sin septos, forma raqueteada.
UNAM-SH_05	17A	Colonia irregular, tamaño 5 cm, color verde con halos blancos Ts, textura polvorienta, margen lobulado. Reverso, color verde claro, media amarillo verdoso, borde blanco filamentosa.
	17B	Espora asexual, hifas pigmentadas, septos cenocilicas, forma lineal.
UNAM-L_01	18A	Colonia irregular, tamaño 7 cm, color verde y blanco, textura polvorienta, formación de anillos concéntricos, margen ondulada. Reverso, color y borde blanco con forma ondulada.
	18B	Espora asexual, hifas pigmentadas, septos septada, forma lineal, Conidióforo pigmentada, pared lisa, ramificaciones ramificado, ápice sin ensanchar, forma flexuosa, verticilado.
UNAM-L_03	19A	Colonia circular, tamaño 8 cm, color amarillo con puntos blancos, textura algodonosa polvorienta con elevación en los bordes, con formación de anillos concéntricos, margen filamentoso. Reverso, color amarillo manteca y con borde blanco filamentoso.
	19B	Hifas pigmentadas, septos cenocilicas, forma lineal.
UNAM-L_05	20A	Colonia irregular, tamaño 6 cm, color verde plomoso, textura polvorosa, margen irregular. Reverso, color verde plomoso con borde ondulado
	20B	Espora asexual, hifas pigmentadas, no septada, forma lineal, conidióforo pigmentado, pared lisa.
UNAM-M_01	21A	Colonia circular, tamaño 5.5 cm, color blanco con una parte céntrica negra, textura algodonosa aterciopelada, ramificada desde el centro hacia la parte

Código	N°	Características macroscópicas (anverso y reverso)
		externa, margen filamentosa. Reverso, color de blanco mantecoso con borde filamentoso.
	21B	Hifas pigmentadas, septadas, forma cuerpos nodulares.
UNAM-M_02	22A	Colonia circular, tamaño 6, color blanco con parte céntrica café, textura algodonosa, margen filamentoso. Reverso, color blanco con borde filamentoso.
	22B	Hifas pigmentadas, no septadas, forma lineal, presenta fíbula.
UNAM-M_03	23A	Colonia irregular con crecimiento en placa completa, color blanco con plomo, textura lanosa plana, con forma de un atrapasueños, margen filamentoso. Reverso, color blanco con plomo, parte media negro y borde blanco filamentoso.
	23B	Hifas pigmentadas, no septadas, forma cuerpos nodulares.
UNAM-U_01	24A	Colonia irregular, tamaño 7, color blanco mantecoso, textura mantecosa con forma de pétalos, margen irregular. Anverso, color blanco mantecoso con borde ondulado.
	24B	Hifas pigmentadas, no septadas, forma cuerpos nodulares, macroconidias septos dictiospora, numero de células alta de 6 a más, forma globosa
UNAM-U_02	25A	Colonia circular, tamaño 5, color blanco, textura polvorienta dura con anillos concéntricos, margen uniforme. Anverso, color blanco con borde circular.
	25B	Espora asexual, microconidias de forma globosa, pared delgada, disposición columnas largas.

Nota: A: Fotos macroscópicas de las cepas de los hongos y B: Fotos microscópicas de las cepas de los hongos.

4.1.2.3. Identificación:

En la **Tabla 20** de las 25 cepas descritas de manera macroscópica y microscópica, de acuerdo a sus características morfológicas vistas al microscopio, para hongos en general, se consideró el trabajo de los siguientes autores: Carreño Bulgarin et al., 2023; Kidd et al., 2016; Lowe & Barnett, 1960; Navi et al., 1999; Soto Esguerra, 2017 y Watanabe, 1937.

Las divisiones identificadas por microscopia fueron: Zigomycota con 14 especies y Ascomycota con 11 especies. Los 12 hongos fueron debidamente identificados a nivel de género. Las 13 cepas restantes no fue posible su identificación y se denominaron cepas no tipificadas, sin embargo, de acuerdo a sus características microscópicas fueron asignados a una probable división.

Tabla 21:
Especies de hongos aislados

N.º de Cepa	Código de cepa	Hongo Filamentoso	División
1	UNAM-SSC_01	Cepa SSC1*	Zigomycota
2	UNAM-SSC_3	*Trichodermia spp*	Ascomycota
3	UNAM-SSC_04	Cepa SSC4*	Zigomycota
4	UNAM-SCH_01	*Trichodermia sp*	Ascomycota
5	UNAM-SCH_02	*Aspergillus sp*	Ascomycota
6	UNAM-SCH_05	Cepa SCH5*	Ascomycota
7	UNAM-SCH_06	Cepa SCH6*	Ascomycota
8	UNAM-SM_01	*Rhizopus sp.*	Zigomycota
9	UNAM-SM_03	*Rhizopus sp.*	Zigomycota
10	UNAM-SM_04	Cepa SM4*	Zigomycota
11	UNAM-SM_06	Cepa SM6*	Zigomycota
12	UNAM-SP_01	*Rizopium sp*	Zigomycota
13	UNAM-SP_02	Cepa SP2*	Ascomycota
14	UNAM-SH_01	*Rhizopus sp*.	Zigomycota
15	UNAM-SH_02	Cepa SH2*	Zigomycota
16	UNAM-SH_03	Cepa SH3*	Zigomycota
17	UNAM-SH_05	*Penicillium sp*	Ascomycota
18	UNAM-L_01	*Penicillium sp*	Ascomycota
19	UNAM-L_03	Cepa L3*	Zigomycota
20	UNAM-L_05	*Penicillium sp*	Ascomycota
21	UNAM-M_01	Cepa M01*	Ascomycota
22	UNAM-M_02	Cepa M02*	Zigomycota
23	UNAM-M_03	Cepa M03*	Zigomycota
24	UNAM-U_01	*Gliocladium sp*	Zigomycota
25	UNAM-U_02	*Penicillium sp*	Ascomycota

Nota:
* Cepas no tipificadas

4.1.3. Elaboración del paquete biotecnológico microbiano sustentable

Para la formación de los paquetes, se seleccionó cepas puras de microorganismos, 25 cepas de hongos y 60 cepas de bacterias, a través de un sorteo completamente al azar, como se presenta en la **Tabla 22**. Para obtener cultivos líquidos se reactivaron las cepas utilizando como medio CN para bacterias con un crecimiento de 24 horas, mientras que para los hongos se empleó caldo PDA durante 5 días bajo constante agitación para garantizar desarrollo homogéneo. Posteriormente, las cepas se suspendieron en agua destilada autoclavada con el fin de evitar el sobrecrecimiento o la muerte de los microorganismos, asegurando así su viabilidad y estabilidad durante el proceso.

Tabla 22:
Formación de los paquetes biotecnológicos microbianos sustentables

Paquetes	Concentración	Cepa de bacterias	Cepas de hongos
Paquete Nº1	La concentración final de la mezcla de bacterias y hongos será de $1x10^8$ UFC/ml, asegurando una alta densidad microbiana y la viabilidad necesaria.	UNAM-F_04 UNAM-L_08 UNAM-SP_01 UNAM-SCH_06 UNAM-SM_10 UNAM-SH_03 UNAM-SP_06 UNAM-M_03 UNAM-L_02 UNAM-SH_02 UNAM-L_12 UNAM-M_06	UNAM-SP_02 UNAM-SM_03 UNAM-SM_04 UNAM-M_02 UNAM-L_03
Paquete Nº2	La concentración final de la mezcla de bacterias y hongos será de $1x10^8$ UFC/ml, asegurando una alta densidad microbiana y la viabilidad necesaria.	UNAM-F_09 UNAM-L_09 UNAM-SM_04 UNAM-L_06 UNAM-SSC_05 UNAM-SM_08 UNAM-M_07 UNAM-SH_01 UNAM-L_07 UNAM-SP_05 UNAM-Y_04 UNAM-U_05	UNAM-SM_01 UNAM-L_05 UNAM-M_03 UNAM-SSC-03 UNAM-SH_03
Paquete Nº3	La concentración final de la mezcla de bacterias y hongos será de $1x10^8$ UFC/ml, asegurando una alta densidad microbiana y la viabilidad necesaria.	UNAM-SM_07 UNAM-L_04 UNAM-Y_05 UNAM-P_06 UNAM-SM_05 UNAM-SSC_02 UNAM-SH_05 UNAM-SSC_01 UNAM-SCH_04 UNAM-SP_04 UNAM-P_03 UNAM-M_01	UNAM-L_01 UNAM-SM_06 UNAM-SH_02 UNAM-SH_05 UNAM-SSC_01
Paquete Nº4	La concentración final de la mezcla de bacterias y hongos será de $1x10^8$ UFC/ml, asegurando una alta densidad microbiana y la viabilidad necesaria.	UNAM-P_02 UNAM-SM_01 UNAM-U_03 UNAM-SP_02 UNAM-F_06 UNAM-SCH_02 UNAM-F_03 UNAM-SCH_05 UNAM-SSC_07 UNAM-Y_01	UNAM-SCH_01 UNAM-U_02 UNAM-SP_01 UNAM-SCH_06 UNAM-SSC_04

Paquetes	Concentración	Cepa de bacterias	Cepas de hongos
		UNAM-F_10 UNAM-SH_06	
Paquete Nº5	La concentración final de la mezcla de bacterias y hongos será de 1x10⁸ UFC/ml, asegurando una alta densidad microbiana y la viabilidad necesaria.	UNAM-U_08 UNAM-Y_02 UNAM-P_04 UNAM-SH_04 UNAM-L_01 UNAM-Y_06 UNAM-SSC_03 UNAM-P_01 UNAM-U_02 UNAM-U_07 UNAM-M_04 UNAM-SCH_03	UNAM-U_01 UNAM-SCH_02 UNAM-SCH_05 UNAM-SH_01 UNAM-M_01

Se realizó el cálculo de las UFC/ml para cada mezcla (bacterias y hongos) que se utilizó en la formación de paquetes biotecnológicos. Asimismo, se determinó la concentración total de microorganismos en cada paquete, para lo cual se utilizó la absorbancia (Densidad Óptica-DO) como método de medición, reflejando un resultado promedio estimado de $1.1x10^8$ UFC/ml para cada paquete. Garantizando una alta concentración de microorganismos viables, adecuada densidad microbiana y potencial efectividad biotecnológica.

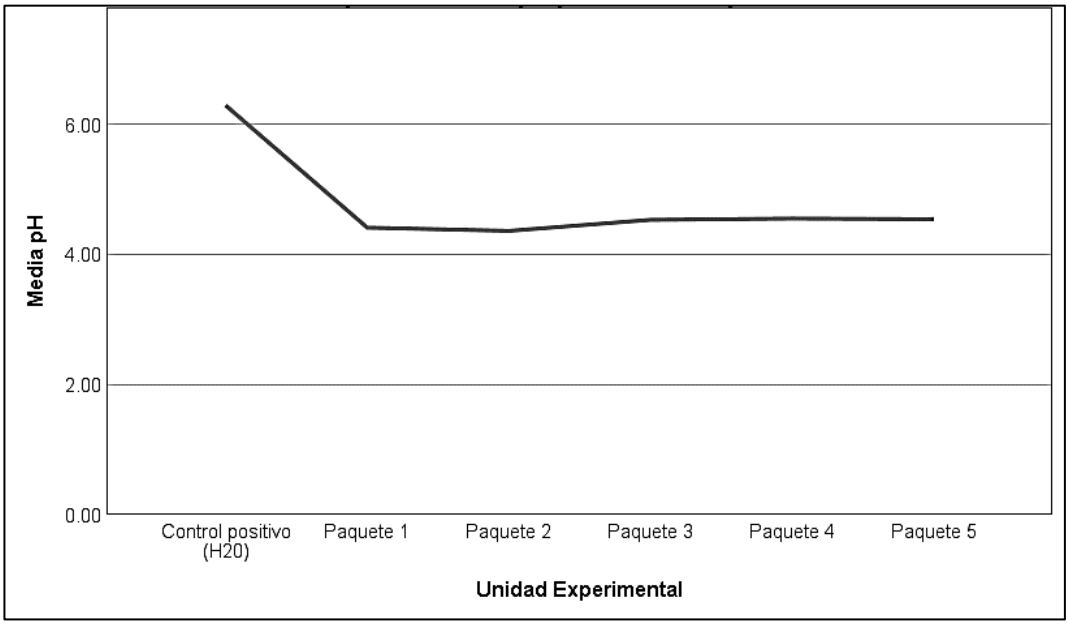
Para la formación de los paquetes se empleó el 20% de melaza de caña de azúcar liquida pura, el 5% de inoculo microbiano (2.5% de mezcla de bacteria y 2.5% de mezcla de hongo), el 75% de agua destilada, el 1% de extracto de levadura y 1% de cloruro de sodio como fuente de enriquecimiento microbiano. Se dejó a 30ºC durante 24 horas antes de la aplicación de la primera y de la segunda dosis.

4.1.3.1. Parámetros físicos de los paquetes biotecnológicos microbianos

4.1.3.1.1. pH

El análisis del pH en los paquetes y el control positivo mostró que los paquetes (**Figura 17**), presentaron un promedio 4.48, siendo ácidos y adecuados para el desarrollo de microorganismos. El paquete N°2 que presentó un pH mínimo de 4.36 siendo el más acido, mientras que el paquete N° 4 presento pH más alto de 4.55, siendo también acido. En cambio, el pH del control positivo que se utiliza en para el control positivo fue de 6.29, el cual se encuentra dentro del rango neutral.

Figura 17:
Media de pH por unidad experimental

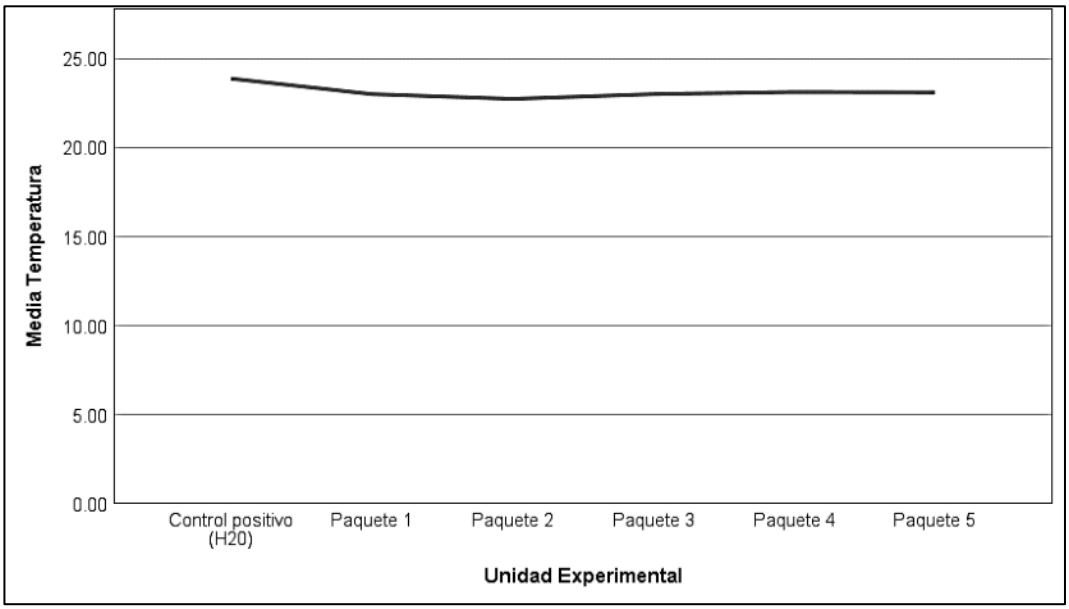


Note: H_2O (agua destilada).

4.1.3.1.2. Temperatura

Como se presenta en la **Figura 18**, la temperatura promedio de los paquetes fue de 23 °C. Asimismo, la temperatura mínima fue de 22.74 °C que pertenecía al paquete N° 2 y la máxima fue de 23°C del paquete N°4, los cuales se encuentran dentro del promedio de temperaturas aptas para el ambiente del crecimiento de los microorganismos. La temperatura del control positivo que se utiliza fue de 23.89 °C.

Figura 18:
Media de temperatura por unidad experimental

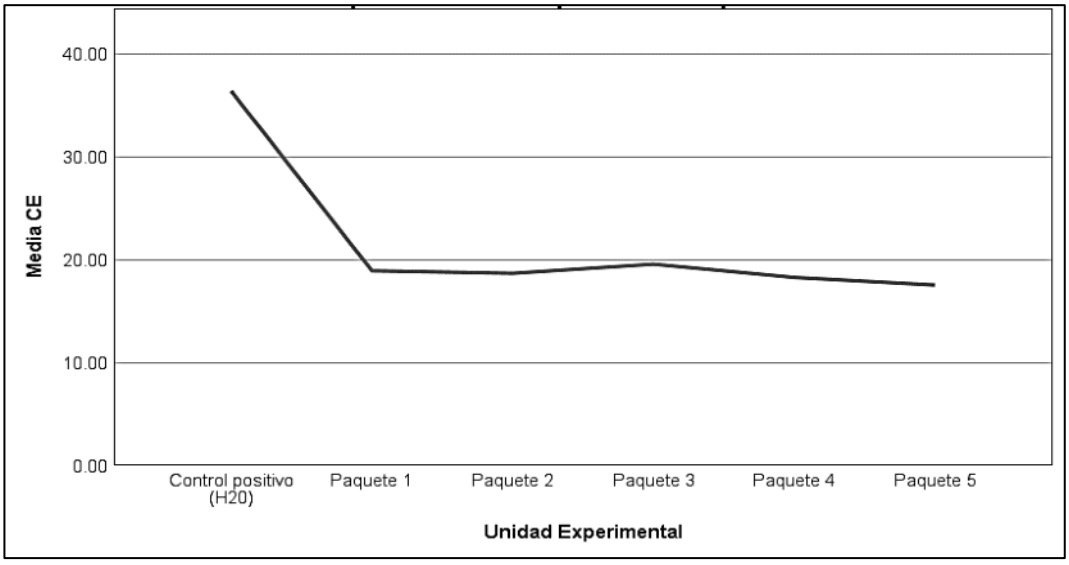


Nota: H_2O (agua destilada).

4.1.3.1.3. Conductividad

En la **Figura 19** se puede observar que el promedio de conductividad eléctrica (CE) fue de 18.58. Asimismo, se obtuvo una CE mínima y máxima, de 17.53 (paquete N°5) y 19.55 (Paquete N°3) respectivamente. En cuanto al control positivo que se utiliza fue de 36.40.

Figura 19:
Media de conductividad eléctrica por unidad experimental



Note: Nota: H_2O (agua destilada), CE (conductividad eléctrica).

4.1.4. Determinación de características fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicas (antes y después)

4.1.4.1. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos

El análisis de los parámetros físico-químicos se realizó por un periodo de 2 meses (octubre y noviembre), en dos horarios mañana (7:00 am) y tarde (6:00 pm), donde se evaluó la temperatura, pH y conductividad.

4.1.4.1.1. Temperatura

En la **Tabla 23** se observa que el promedio de temperatura de los tratamientos y controles osciló entre 19 °C, debido al clima del lugar de experimentación. Durante el monitoreo diurno, la temperatura ambiental decencia hasta un mínimo de 18 °C por la mañana y 23°C por la tarde. Cabe precisar que, en el primer monitoreo previo a la aplicación de los paquetes, las temperaturas promedias fueron similares, con valores de 18.3°C (T1), 19.0°C (T2), 18.7°C (T3), 18.7°C (T4), 18.3°C (T5), 18.3°C (C+) y 19.0°C (C-).

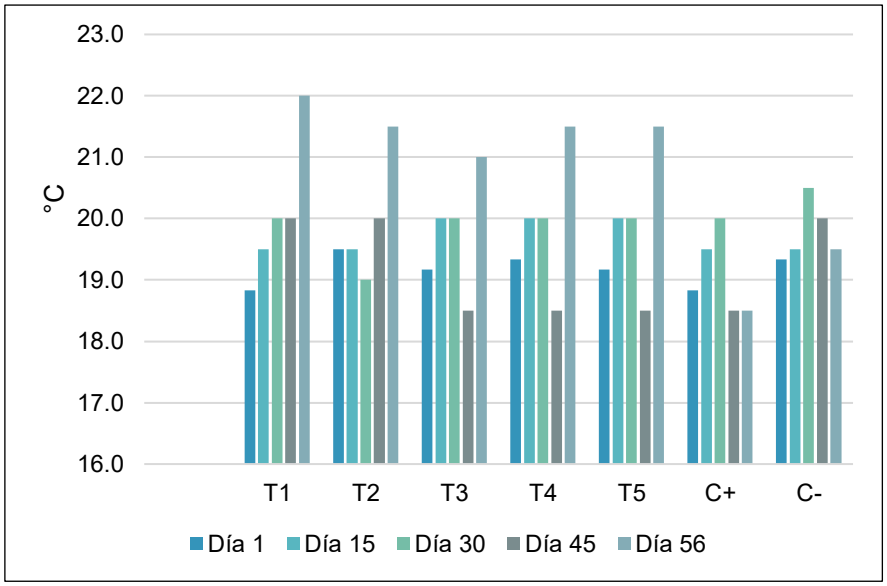
Tabla 23:
Promedio de temperatura durante los meses de octubre y noviembre, en horario diurno y nocturno

Tratamientos	Promedio
T1	19.5
T2	19.4
T3	19.4
T4	19.4
T5	19.4
C+	19.2
C-	19.5

Nota: Promedio de datos de monitoreo durante los dos meses de experimentación tanto durante el monitoreo diurno como nocturno.

En la **Figura 20**, se presenta el comportamiento durante los dos meses de monitoreo, en el día 1, los T1 y C+ presentaron una temperatura mínima de 18.8°C y máxima de 19.5°C perteneciente al T2. Asimismo, durante los días 15, 30, 45 y 56 se registró una variación debido al clima, los cuales presentaron promedios de 19.7°C, 19.9°C, 19.1°C y 20.8°C, respectivamente, la temperatura promedio más alta se presentó en el día 56. El último día de monitoreo el T1 presentó una temperatura más alta de 22°C y la más baja de 18.5°C del C+.

Figura 20:
Promedio de temperaturas de los dos meses de monitoreo



Nota: En el proyecto, no se manipuló la temperatura del ambiente.

4.1.4.1.2. Conductividad

En la **Tabla 24** se observa el promedio de conductividad de los tratamientos y controles, donde osciló entre 211.4 y 323.0 mS/m. Esto se debe, al aumento de concentración de iones que generan la descomposición de compuestos orgánicos, liberando ácidos y sales que aumentan la concentración de iones. Durante el monitoreo diurno, se incrementó hasta un mínimo de 344.1 mS/m y por la tarde llegó a 430.7 mS/m. Cabe precisar que en el primer monitoreo antes de la aplicación de los paquetes, la conductividad promedio presentada por los diversos tratamientos y repeticiones fue de 211.1 mS/m (T1), 210.7 mS/m(T2), 210.8 mS/m (T3), 211.1 mS/m (T4), 211.6 mS/m (T5), 205.2 mS/m (C+) y 206.9 mS/m (C-).

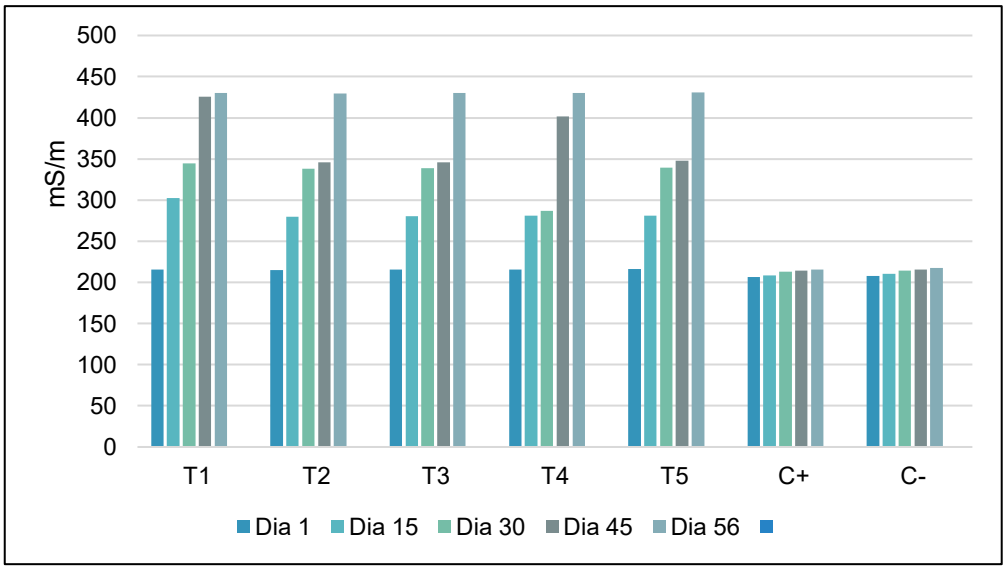
Tabla 24:
Promedio de conductividad durante los meses de octubre a noviembre, en horario diurno y nocturno de lodos residuales

Tratamientos	Promedio
T1	322.22
T2	321.7
T3	322.22
T4	296.4
T5	323.0
C+	211.4
C-	213.2

Nota: Promedio de datos de monitoreo durante los dos meses de experimentación tanto durante el monitoreo diurno como nocturno.

En la **Figura 21** se presenta el comportamiento durante los dos meses de monitoreo, en el día 1, presentaron una conductividad mínima de 206.21 mS/m (C+) y máxima de 216.11 mS/m perteneciente al T5. Asimismo, durante los días 15, 30, 45 y 56 la conductividad incremento drásticamente con valores 357.70 mS/m, 348.34 mS/m, 348.87 mS/m, 323.23 mS/m, 349.70 mS/m, 212.71 mS/m y 214.51 mS/m respectivamente, la conductividad promedio más alta se presentó en el día 56.

Figura 21:
Promedio de conductividad de los dos meses de monitoreo



4.1.4.1.3. pH

En la **Tabla 25** se presenta el promedio de pH más bajo de 5.5 para los T4 y T5, el pH más alto fue de 7.5 del C- y T3. La variación del promedio de pH para los tratamientos es debido a que durante los días después de la aplicación de los paquetes se mantuvieron por más tiempo en un medio acido, en contraste con el C- debido a que este no presento ninguna modificación. Asimismo, cabe precisar que el primer monitoreo antes de la aplicación de los paquetes, el pH promedio fueron de 8.2 (T1), 8.4 (T2), 8.2 (T3), 8.2 (T4), 8.3 (T5), 8.2 (C+) y 8.2 (C-).

Tabla 25:

Promedio de pH durante los meses de octubre y noviembre, en horario diurno y nocturno

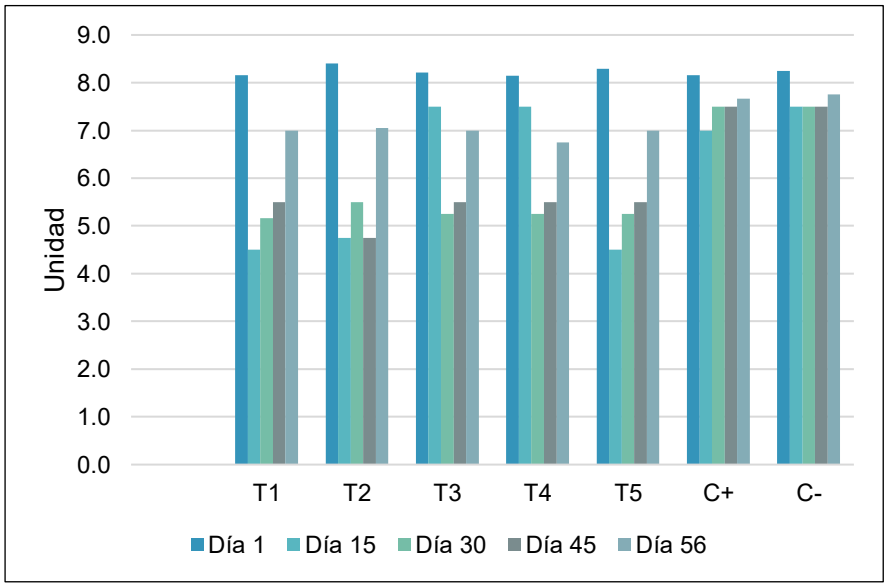
Tratamientos	Promedio
T1	7.4
T2	5.6
T3	7.5
T4	5.5
T5	5.5
C+	7.3
C-	7.5

Nota: Promedio de datos de monitoreo durante los dos meses de experimentación tanto durante el monitoreo diurno como nocturno.

En la **Figura 22**, se presenta el comportamiento durante los dos meses de monitoreo, en el día 1, el pH mínimo fue de 8.2 de los tratamientos T3, T4, C+ y C-, y máximo de 8.4 perteneciente al T2. Asimismo, durante los días 15, 30, 45 y 56 el pH presentó variación debido a que se añadió los paquetes a los 5 tratamientos y de igual manera se agregó agua destilada al control positivo, donde se obtuvo como promedio 6.2, 5.9, 6.0 y 7.2, respectivamente. Finalmente, los resultados obtenidos al finalizar el día 56, los tratamientos presentaron un pH neutro a excepción de los controles que presentaron un pH alcalino.

Figura 22:

Promedio de pH durante los meses de monitoreo



Nota: En el proyecto no se manipulo la temperatura del ambiente de experimentación.

4.1.4.2. Monitoreo de parámetros organolépticos

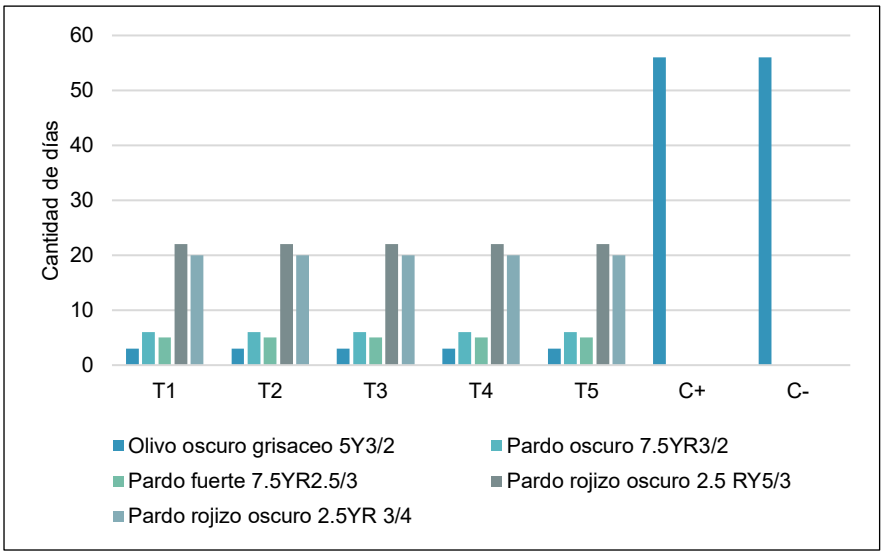
El análisis de los parámetros organolépticos se realizó por un periodo de 2 meses (octubre y noviembre), en dos horarios mañana (7:00 am) y tarde (6:00 pm), donde se evaluó el color, olor y textura.

4.1.4.2.1. Color

En la evaluación del color de los lodos se consideró el *munsell soil color chart*. En el monitoreo inicial de los lodos, estos comenzaron con color de olivo oscuro grisáceo 5Y3/2, conforme pasaron los días, los lodos presentaron variación de acuerdo a su tratamiento, los controles mantuvieron su color inicial.

En la **Figura 23** se presenta de forma gráfica, la variación del color de los lodos, los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron por tres días consecutivos una coloración de olivo oscuro grisáceo 5Y3/2, posterior a ello presentó una coloración de pardo oscuro 7.5YR3/2 por seis días, pasando a un tono pardo fuerte 7.5YR2.5/3 por cinco días, pardo rojizo oscuro 2.5RY5/3 por 22 días y finalmente se ajustó a un color pardo rojizo oscuro 2.5YR3/4 por un periodo de 20 días. El C+ y el C- que presentaron una coloración olivo oscuro grisáceo 5Y3/2 durante los 56 días de la experimentación.

Figura 23:
Monitoreo del color de los lodos durante los días de experimentación



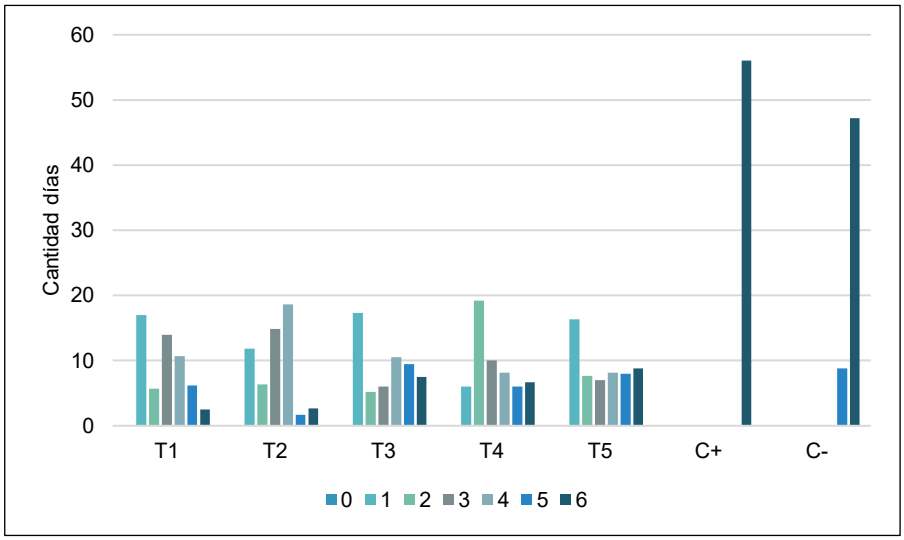
Nota: Para la evaluación del parámetro organoléptico de la coloración de los lodos se consideró el *Munsell soil color chart*.

4.1.4.2.2. Olor

La metodología utilizada fue a través de un proceso numérico de grado de apreciación organoléptico, para lo cual se consideraron los rangos mostrados en la **Tabla 2**.

En la **Figura 24** se presenta los rangos numéricos de olor durante el monitoreo, cabe precisar que los tratamientos y los controles presentaron un rango 6 (extremadamente fuerte), después de la aplicación del paquete el T1, T3 y T5 presentaron un olor de rango 1 (muy débilmente perceptible) durante 17, 17 y 16 días respectivamente, el T2 y T4 presentaron un rango de 1 (muy débilmente perceptible) durante 12 y 6 días respectivamente. Los controles presentaron de la siguiente manera, C+ no presentó variación y durante toda la experimentación se mantuvo en un rango de 6, a comparación del C- que fue de 5 por 9 días, debido a que los lodos del tratamiento comenzaron a deshidratarse antes, en comparación con el C+. Cabe precisar que ninguno de las unidades experimentales llego a un rango de 0 (No perceptible), debido a que presentaron un olor menor o similar al olor del compost como el T1.

Figura 24:
Monitoreo del olor de los lodos durante los días de experimentación



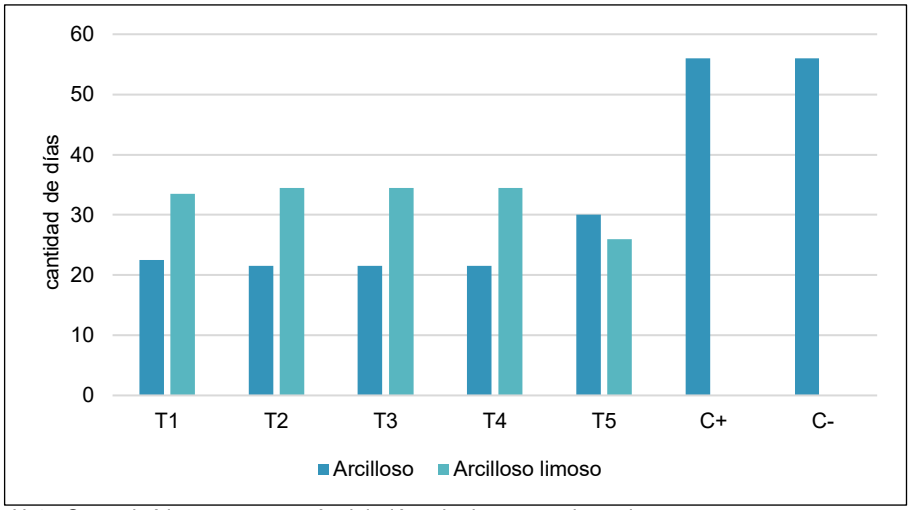
Nota: Se considero el rango numérico de 0 a 6, como se presenta en la Tabla 2, para determinar la variación del parámetro organoléptico del olor con respecto a la aplicación del paquete y los controles.

4.1.4.2.3. Textura

Se realizó utilizando el triángulo de textura del suelo, cabe precisar que la evaluación se realizó durante los 56 días.

En la **Figura 25** se presenta los resultados obtenidos de la textura, donde el T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron una textura arcillosa durante 23, 22, 22, 22 y 30 días respectivamente, mientras que los controles (C+ y C-) presentaron una textura arcillosa durante los 56 días de experimentación. Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron una textura arcilloso limoso durante 34, 35, 35, 35 y 26 días respectivamente.

Figura 25:
Monitoreo de la textura de los lodos durante los días de experimentación

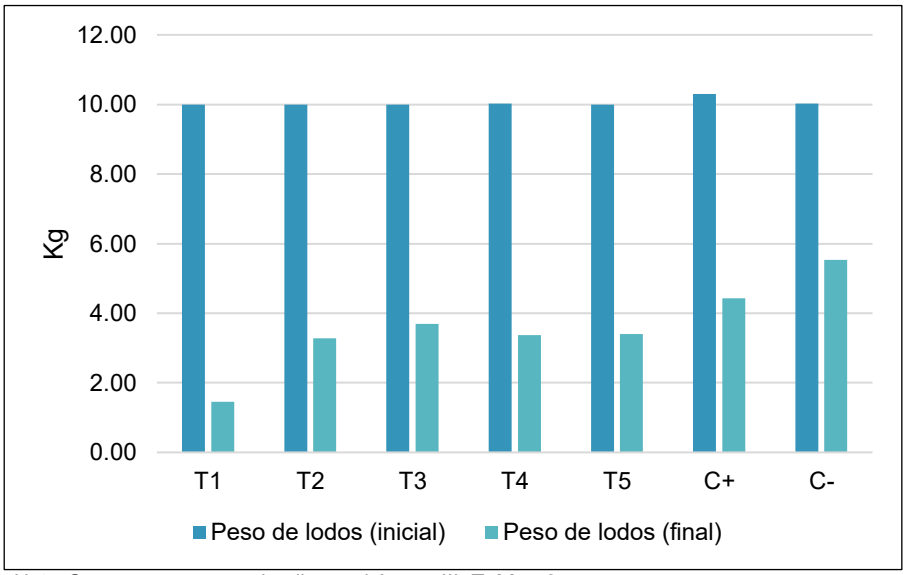


Nota: Se evaluó la textura a través del triángulo de textura de suelo.

4.1.4.3. Cantidad de lodos (antes y después)

Se trabajo con 21 unidades experimentales, 5 tratamientos y 2 controles (positivo y negativo), cada uno conto con un promedio de 10 kg de lodo. Se considero el peso de las cajas utilizadas como se observa en la **Tabla 42** del Anexo, en la **Figura 26** se puede visualizar que el T1 presento una mayor reducción en la cantidad de lodos representando un 85.46%, en comparación con el control C- que presento una reducción de 44.87%.

Figura 26:
Cantidad antes y después de lodos por tratamientos



Nota: Se presenta mayor detalle en el Anexo III, **Tabla 42**.

Para realizar el análisis estadístico, primero se determinó la normalidad de los datos, a través del análisis de la diferencia entre el antes y el después del peso de los lodos, se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, debido a que se tiene un número menor de datos. En la **Tabla 26** el estadístico es de 0.963 con un valor de p de 0.571, que también es mayor que 0.05, lo indica que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.

Tabla 26:
Resultados de la prueba de normalidad del peso antes y después de los tratamientos

Prueba	Estadístico	gl	Sig.
Shapiro-Wilk	0.963	21	0.571

Nota: Todos los valores p son bilaterales.

Dado que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, según las pruebas realizadas, se puede proceder a utilizar técnicas estadísticas paramétricas, como la prueba t de Student para muestras relacionadas. Esto implica que los datos siguen una distribución normal, lo cual justifica el uso de este tipo de pruebas para analizar las diferencias entre las muestras de manera adecuada y válida.

En la **Tabla 43** en el análisis se revela que la diferencia media en el peso antes y después del tratamiento es de 6.5333 kg, con una desviación estándar de 1.3764 y un error estándar de la media

de 0.3004. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de media es de 5.9068 a 7.1599. Presento un valor de t de 21.751 y un valor de p de 0,000, esto permite concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa, lo cual sugiere que los tratamientos tuvieron un efecto positivo en la reducción del peso.

Tabla 27:
Resultados de la prueba T para las muestras relacionadas del peso antes y después de los tratamientos

Estadístico	Valor
Diferencia media	6,5333
Desviación estándar	1,3764
Error Estándar de la Media	0,3004
Intervalo de Confianza del 95%	Inferior: 5,9068 Superior: 7,1599
Valor t	21,751
Grados de Libertad (gl)	20
Valor p	0,000

Para poder determinar cuál de los tratamientos permitió una reducción en cuanto al peso, se realizó el análisis de la prueba de Tukey.

Tabla 28:
Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para el peso final del peso final de los lodos en el tratamiento aplicado

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa =0.05	
		1	2
T1	**3**	**1.450**	
T3	**3**	**3.167**	**3.167**
T2	3	3.283	3.283
T4	3	3.367	3.367
T5	3	3.400	3.400
C+	3		4.433
C-	3		5.533
Sig.		0.173	0.066

Nota:
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.790.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.
b. Alfa = 0.05.

Como se presenta en la **Tabla 28** el tratamiento 1 presenta una media de peso final significativamente menor en comparación con los demás tratamientos T2, T3, T4, T5 y los controles (C+ y C-) que no presentan diferencias significativas en sus medias.

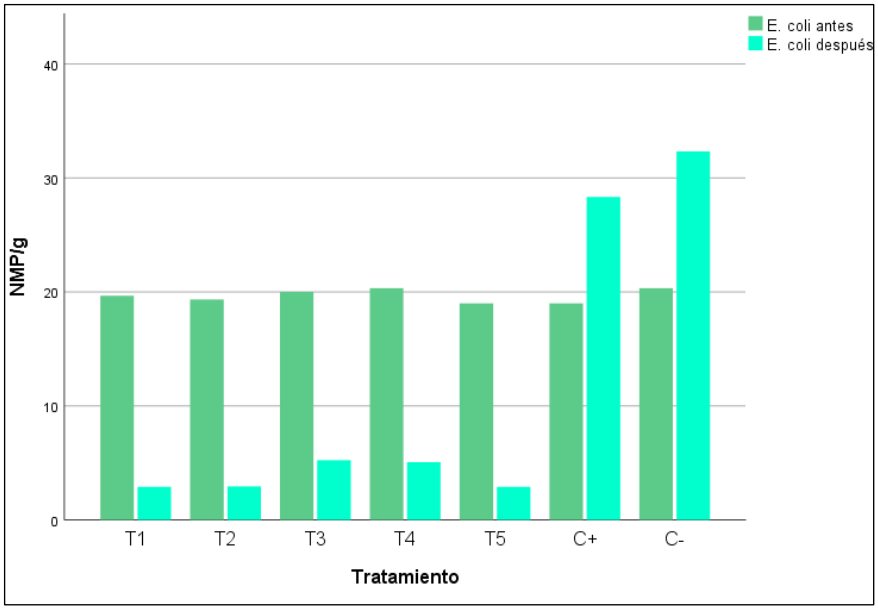
4.1.4.4. Monitoreo microbiológico (antes y después)

Se realizó el análisis de los parámetros microbiológicos para *E. coli*, Coliformes termotolerables, Coliformes totales, *Salmonella sp*. y Huevo de parásitos antes y después de la aplicación de los tratamientos.

4.1.4.4.1. Detección de *Escherichia coli*

En la **Figura 27** se presenta los resultados obtenidos del antes y después, donde el tratamiento que presento una mayor reducción de *E. coli* es T1 de 19.67 NMP/g a <3.0 NMP/g, seguido por el T5 que presento una reducción de 19.00 NMP/g a <3.0 NMP/g. En comparación con los T2, T3 y T4, asimismo, cabe precisar que los controles (C+ y C-) presentaron aumento de *E. coli* durante los días de experimentación.

Figura 27:
Monitoreo de E. coli antes y después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Para la realización del gráfico se consideró los datos de <3.0 NMP/g a 2.9 NMP/g y para datos > 1100 NMP/g se trabajó con 1101 NMP/g

Para realizar el análisis estadístico, primero se determinó la normalidad de los datos, debido a la cantidad se considera la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. En la **Tabla 29** el estadístico es de 0.891 con un valor de p de 0.024 siendo el p valor menor que 0.05, donde se evidencia que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 29:
Resultados de la prueba de normalidad del antes y después de E. coli de los tratamientos

Prueba	Estadístico	Gl	Sig.
Shapiro-Wilk	0.891	21	0.024

En consecuencia, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (no paramétrica) para comparar los efectos de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, el control positivo y el control negativo sobre la variable *E. coli* después de la aplicación de tratamiento. La prueba no paramétrica fue seleccionada debido a la naturaleza de los datos y el tamaño reducido de las muestras, cabe precisar que se realizó la transformación de los datos debido a la diferencia del tamaño de los datos.

Tabla 30:
Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de E. coli de la diferencia del antes y después

Tratamiento	N	Rango promedio
T1	3	15.50
T2	3	14.00
T3	3	10.00
T4	3	14.83
T5	3	15.67
Control positivo (C+)	3	3.33
Control negativo (C-)	3	3.67
Total	**21**	

En la **Tabla 30** se presenta los resultados de los rangos promedios obtenidos, donde se indica que el T5 presentó un rango promedio más alto de 15.67 lo que permite identificar como el tratamiento más efectivo en la reducción de *E. coli*. Asimismo, el tratamiento T1 y T4 presentaron rangos promedios de 15.50 y 14.83 ambos cercanos al T5 lo que sugiere una respuesta positiva, el T2 presentó un promedio de 14.00 presentando una efectividad moderada y el T3 presento un rango promedio de 10.00 siendo el más bajo de todos los tratamientos. Finalmente, los controles positivos (con agua destilada) y negativos (sin adición) presentaron rangos promedios de 3.33 y 3.67 respectivamente, siendo los más bajos indicando que al no recibir tratamiento no presentaron ningún impacto.

Tabla 31:
Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable E. coli

Variable	H de Kruskal-Wallis	Gl	Sig. Asintótica (p)
E. coli	14.210	6	0.027

Los resultados presentados en la **Tabla 31** corresponden a la prueba de **Kruskal-Wallis** para *E. coli* (diferencia del antes y después). El estadístico H de Kruskal-Wallis fue de 14.210 lo que sugiere una diferencia considerable entre los grupos evaluados, asimismo, el p valor fue de 0.027 debido a que es menor que 0.05 lo que indica que si existen diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los grupos de tratamientos.

A partir de estos resultados se planteó realizar las pruebas Post-Hoc para identificar entre qué grupos específicos se encuentran las diferencias.

Tabla 32:
Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de E. coli de los lodos en el tratamiento aplicado

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa =0.05		
		1	2	3
T1	3	2.900		
T5	3	2.900		
T2	3	2.933		
T4	3	5.067	5.067	
T3	3	5.233	5.233	
C+	3		28.333	28.333
C-	3			32.333
Sig.		1.000	0.064	0.997

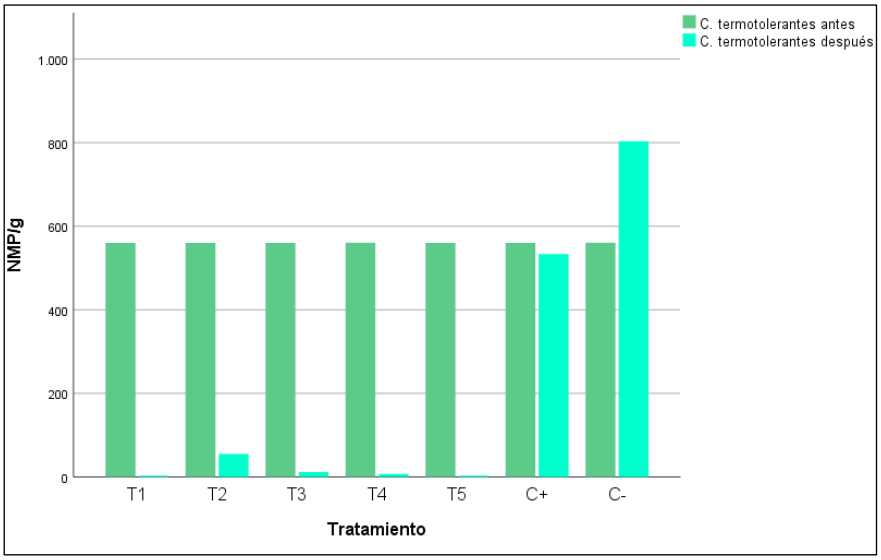
Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 75.525. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. Alfa = 0.05.
Se transformo los datos: 1101 NMP/g = >1100 NMP/g y 2,9 NMP/g=<3.0 NMP/g.

En la **Tabla 32** prueba post- Hoc Tukey de rango múltiple, nos determinó que los tratamientos T1 (<3.00 NMP/g) y T5 (<3.00 NMP/g) presentaron resultados significativamente distintos a los demás tratamientos.

4.1.4.4.2. Detección de coliformes termotolerantes

En la **Figura 28** se presenta los resultados obtenidos en el antes y el después, donde el tratamiento que presentó una mayor reducción de coliformes termotolerantes es T1 de 560 NMP/g a <3.0 NMP/g, seguido por el T5 que presentó una reducción de 560 NMP/g a <3.0 NMP/g. En comparación con los T2, T3 y T4, asimismo, cabe precisar que el C+ presentó una disminución y el C- presentó un incremento.

Figura 28:
Monitoreo de coliformes termotolerantes antes y después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Para la realización del gráfico se consideró los datos de <3.0 NMP/g a 2.9 NMP/g y para datos > 1100 NMP/G se trabajó con 1101 NMP/g

Para el análisis estadístico, primero se determinó la normalidad de los datos, se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido a la cantidad de datos. En la **Tabla 33** el estadístico es de 0.907 con un valor de p de 0.048 siendo el p valor menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, debido a que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 33:
Resultados de la prueba de normalidad del coliformes termotolerables antes y después de los tratamientos

Prueba	Estadístico	Gl	Sig.
Shapiro-Wilk	0.907	21	0.048

En consecuencia, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (no paramétrica) para comparar los efectos de los tratamientos T1, T2,

T3, T4, T5, el control positivo y el control negativo sobre la variable *Coliformes termotolerables*. La prueba no paramétrica fue seleccionada debido a la naturaleza de los datos y el tamaño reducido de las muestras, cabe precisar que se realizó la transformación de los datos debido a la diferencia del tamaño de los datos.

Tabla 34:
Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de Coliformes termotolerables de la diferencia del antes y después

Tratamiento	N	Rango promedio
T1	3	16.83
T2	3	12.17
T3	3	9.67
T4	3	14.50
T5	3	16.83
Control positivo (C+)	3	4.00
Control negativo (C-)	3	3.00
Total	**21**	

En la **Tabla 34** se presenta los rangos promedios obtenidos, donde se indica que el T1 y T5 ambos tratamientos presentan un rango promedio más alto de 16.83, esto permite identificar que se generó una mayor respuesta en comparación con los otros tratamientos y controles, la igualdad de ambos rangos nos permite sugerir que presentan un desempeño similar, siendo los más efectivos en la reducción de Coliformes termotolerables. Asimismo, el T4 presentó un rango promedio de 14.5 que permite sugerir que presenta un efecto moderado alto, el T2 presenta un rango promedio de 12.17 indicando un efecto moderado y el T3 presentó el rango promedio de 9.67 siendo el más bajo de todos los tratamientos. Finalmente, los controles positivos (con agua) y negativos (sin ninguna adición) presentaron rangos promedios de 4 y 3 respectivamente, los rangos bajos eran esperados debido a que no fueron sometidos a ningún tratamiento, la diferencia mínima entre el control positivo y negativo indica que ambos presentan una baja respuesta debido a la ausencia de tratamiento.

Tabla 35:
Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable coliformes termotolerables

Variable	H de Kruskal-Wallis	Gl	Sig. Asintótica (p)
Coliformes termotolerables	*15*.428	6	0.017

Los resultados presentados en la **Tabla 35** corresponden a la prueba de Kruskal-Wallis para coliformes termotolerables entre los grupos (tratamientos y controles). A continuación, se presenta de manera más desglosada. El valor de p=0.017 es menor que 0.05 lo que indica que si existen diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los grupos de tratamientos. Asimismo, el estadístico H=15.428 valor es considerablemente más alto, lo que sugiere que hay diferencias más notorias entre al menos dos grupos. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los valores de Coliformes termotolerables (p = 0.017), lo que sugiere que al menos un grupo tiene un efecto significativamente diferente a los demás tratamientos.

A partir de estos resultados se planteó realizar las pruebas Post-Hoc para identificar entre qué grupos específicos se encuentran las diferencias.

Tabla 36:
Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de coliformes termotolerantes de los lodos en el tratamiento aplicado

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa =0.05	
		1	2
T1	**3**	**2.900**	
T5	**3**	**2.900**	
T4	3	7.267	
T3	3	11.733	
T2	3	55.300	55.300
C+	3	533.333	533.333
C-	3		803.333
Sig.		0.269	0.053

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 73 550.036. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. b. Alfa = 0.05.

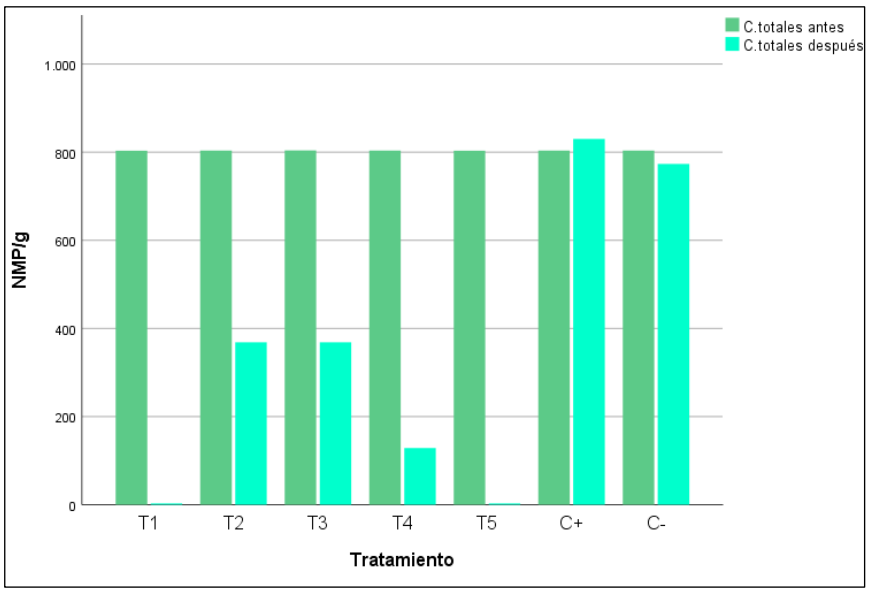
La prueba post- Hoc Tukey de rango múltiple de la **Tabla 36** nos determinó que los tratamientos T1(<3.00 NMP/g) y T5 (<3.00 NMP/g) presentaron resultados similares y forman parte del primer grupo homogéneo, con medias muy bajas en comparación con los otros tratamientos.

4.1.4.4.3. Detección de coliformes totales

En la **Figura 21** se presenta los resultados obtenidos, donde el tratamiento que presentó una mayor reducción de coliformes totales es T1 de 803.33 NMP/g a <3.0 NMP/g, seguido por el T5 que presentó una reducción de 803.33 NMP/g a <3.0 NMP/g. En comparación con los T2, T3 y T4. Asimismo, cabe precisar que los controles (C+ y C-) presentaron mínima reducción durante los días de experimentación.

Figura 29:

Monitoreo de Coliformes totales antes y después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Para la realización del gráfico se consideró los datos de <3.0 NMP/g a 2.9 NMP/g y para datos > 1100 NMP/G se trabajó con 1101 NMP/g

Para realizar el análisis estadístico, se determinó la normalidad de los datos, se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, debido a una menor cantidad de datos. En la **Tabla 37** el estadístico es de 0.820 con un valor de p de 0.001 siendo el p valor menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, debido a que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 37:

Resultados de la prueba de normalidad de coliformes totales antes y después de los tratamientos

Prueba	Estadístico	Gl	Sig.
Shapiro-Wilk	0.820	21	0.001

Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar los efectos de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, el control positivo y el control negativo sobre la variable *Coliformes totales* de la aplicación de tratamiento. La prueba no paramétrica fue seleccionada debido a la naturaleza de los datos y el tamaño reducido de las muestras, cabe precisar que se realizó la transformación de los datos debido a la diferencia del tamaño de los datos.

Tabla 38:
Rangos promedio de los tratamiento y controles en el estudio de Coliformes totales de la diferencia del antes y después

Tratamiento	N	Rango promedio
T1	3	16.83
T2	3	12.00
T3	3	11.17
T4	3	9.83
T5	3	16.83
Control positivo (C+)	3	4.67
Control negativo (C-)	3	5.67
Total	**21**	

En la **Tabla 38** se presenta los resultados de los rangos promedios obtenidos, donde indican que el T1 y T5 ambos tratamientos tienen el rango promedio más alto de 16.83. Esto indica que tanto el T1 como el T5 obtuvieron un mayor impacto en las muestras en comparación con los demás tratamientos y controles. Asimismo, esto sugiere que la similitud en los rangos promedios obtenidos del T1 y T5 tienen un efecto similar, a través de esto se puede concluir que estos tratamientos lograron los resultamos más significativos en la reducción de Coliformes totales. De igual manera el T2 con un rango promedio de 12.00 sugiere que tiene un efecto moderado teniendo un efecto positivo, pero menos potente, de igual manera el T3 y T4, obtuvieron un rango promedio de 11.17 y 9.83 respectivamente, teniendo los promedios más bajos esto indicaría que tienen un efecto bajo o menos eficiente en la reducción de Coliformes totales. Finalmente, el control positivo que cuenta con la adición de agua destilada que presentó un rango de 4.67 y el control negativo sin adición de nada obtuvo un rango promedio de 5.67, el control positivo presenta un valor ligeramente superior al control negativo, lo que sugiere que podría estar presentando un efecto residual, de igual manera los controles confirmaron que no presentan ningún efecto significativo sin la intervención de los tratamientos.

Tabla 39:
Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de tratamientos y controles en la variable coliformes totales

Variable	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. Asintótica (p)
Coliformes totales	11.046	6	0.087

Los resultados presentados en la **Tabla 39** corresponden a la prueba de **Kruskal-Wallis** para Coliformes totales (diferencia del antes y después), la H de Kruskal Wallis presentó un valor de 11.046. Asimismo, el p valor fue de 0.087 siendo mayor que 0.05 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Esto indica que, aunque se presenció diferencias en los rangos promedio entre los tratamientos y controles, estas no son lo suficientemente grande.

Debido a los resultados se planteó realizar las pruebas Post-Hoc para identificar entre qué grupos específicos se encuentran las diferencias significativas.

Tabla 40:
Prueba Post-Hoc: HSD Tukey para la evaluación final de coliformes totales de los lodos en el tratamiento aplicado

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa =0.05
		1
T1	**3**	**2.900**
T5	**3**	**2.900**
T4	3	128.633
T3	3	368.600
T2	3	368.600
C+	3	773.333
C-	3	830.000
Sig.		0.310

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 194 687.311. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. b. Alfa = 0.05.

La prueba post- Hoc Tukey de rango múltiple presentado en la **Tabla 40** nos determinó que los tratamientos T1 (<3.00 NMP/g)

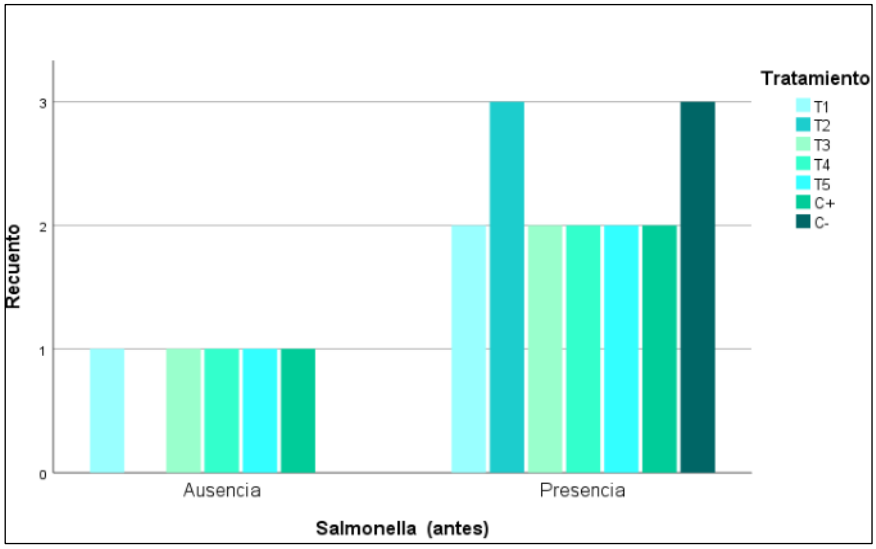
y T5 (<3.00 NMP/g) presentaron resultados significativamente distintos a los demás tratamientos.

4.1.4.4.4. Detección de *Salmonella* sp.

En la **Tabla 51** se presenta la ausencia o presencia de salmonella antes de la aplicación de tratamientos y controles, de igual manera en la **Tabla 52** presenta el después del tratamiento, para evaluar la reducción de salmonella, se tomó como guía para la identificación de posibles especies con el uso de las pruebas bioquímicas (Ministerio de agricultura, 2010) y (Ramírez Corona et al., 2019).

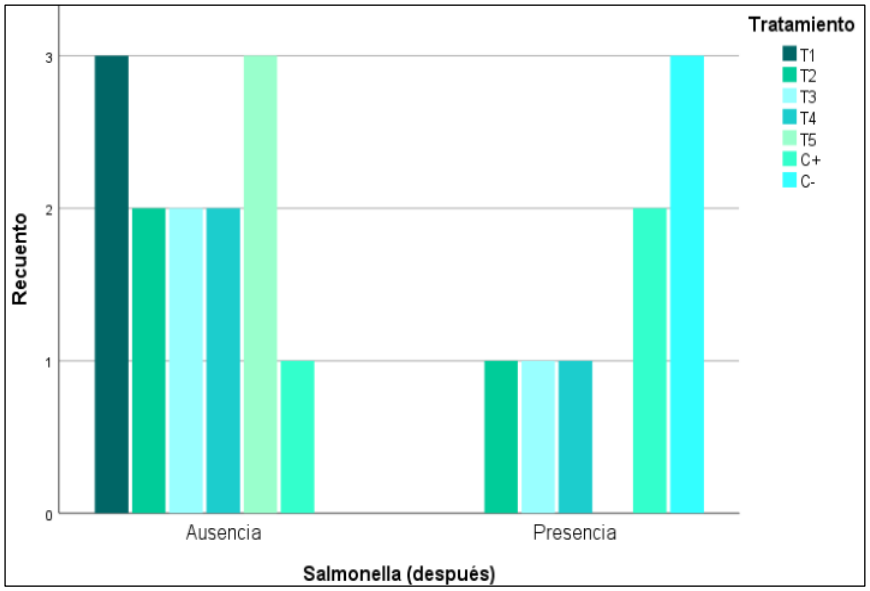
En la **Figura 30** se evidencia que los tratamientos presentan al menos 01 ausencia en sus 03 repeticiones del análisis de sus pruebas bioquímicas. Asimismo, los controles (C+ y C-) presentaron presencia en sus 03 repeticiones.

Figura 30:
Recuento del monitoreo de Salmonella sp. antes de la aplicación de los tratamientos



En la **Figura 31** se evidencia que después de la aplicación del tratamiento, se presenció la reducción de la presencia de *Salmonella* sp., en el T1 y T5 no presentaron crecimiento de la cepa de *Salmonella* sp en su prueba bioquímica. En comparación con los T2, T3 y T4, que, se evidenció la presencia de la cepa de *Salmonella* sp. Asimismo, en los C- y C+ se mantuvo la presencia de Salmonella.

Figura 31:
Recuento del monitoreo de Salmonella sp. después de la aplicación de los tratamientos

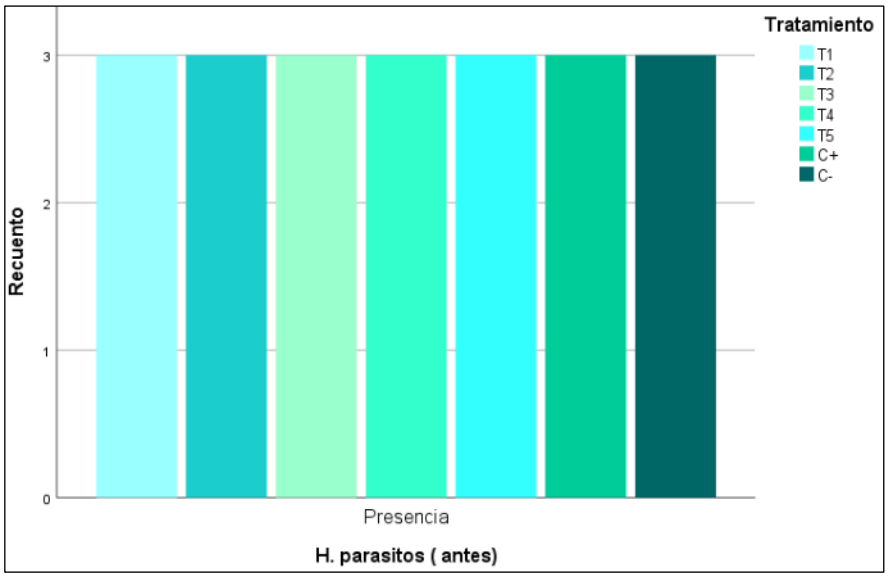


4.1.4.4.5. Detección de huevos de parásitos

Se evaluó la presencia o ausencia de huevos de parásitos en los lodos antes y después del tratamiento con los paquetes y controles; se muestra en la **Figura 49** del Anexo las fotos de los huevos de parásitos encontrados antes y después de los tratamientos.

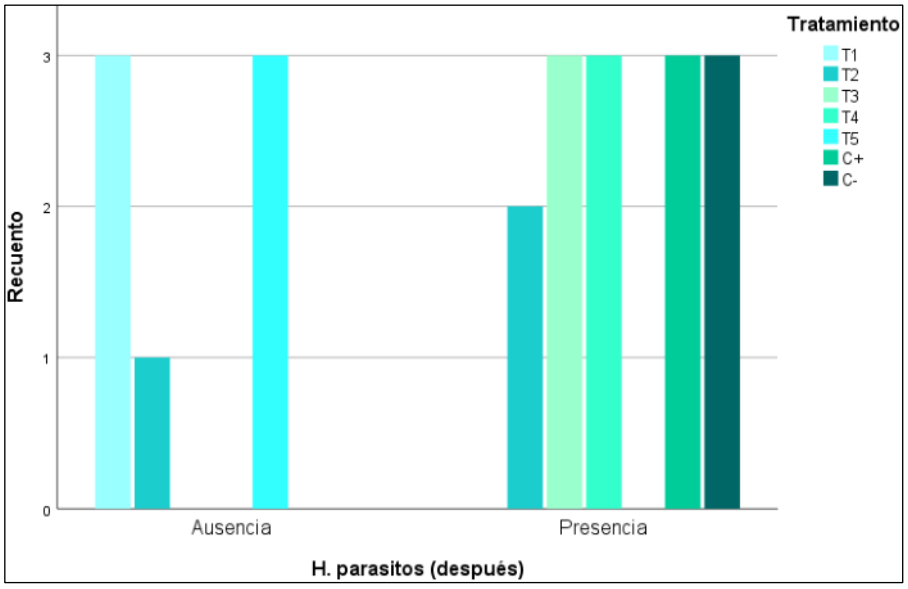
En la **Figura 32** se presenta el monitoreo de Ausencia y presencia de huevos de parásitos en los lodos, donde en todos los tratamientos y controles se evidencio la presencia.

Figura 32:
Recuento del monitoreo de huevos de parásitos antes de la aplicación de los tratamientos



En la **Figura 33** se presenta el recuento de la ausencia y presencia de huevos de parásitos después del tratamiento, donde se evidenció que el T1 y T5 no presentaron huevos de parásitos en los lodos observados, en comparación con los demás tratamientos y controles observados.

Figura 33:
Recuento del monitoreo de huevos de parásitos después de la aplicación de los tratamientos



4.2. Discusión

En el presente estudio, se tuvo como objetivo general, desarrollar un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos por la PTAR OMO en la ciudad de Moquegua. Para lo cual se consideró la elaboración de 5 paquetes con los mismos nutrientes, pero con diferentes microorganismos (bacterias y hongos) para evaluar al paquete ganador. Es así, que, el resultado del análisis de los tratamientos aplicados afirma que el Tratamiento 1 (T1) presenta una mayor reducción de patógenos en lodos. Por lo cual podemos inferir que este sería el paquete biotecnológico más sustentable en comparación con los demás.

Este paquete fue compuesto por la Mezcla 1 (bacterias y hongos), en cuanto a bacterias, los géneros con mayor presencia fueron *Bacillus* y *lactobacillus, incluyendo especies como Bacillus subtilis y Bacillus coagulans capaces de producir enzimas denominadas proteasas,* amilasas y celulasas que descomponen proteínas, carbohidratos y celulosa, facilitando la mineralización de la materia orgánica y reduciendo el volumen de lodos, según Vojnovic *et al.* (2024). Por otro lado, especies como *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuteri* y *Lactobacillus plantarum*, fermentan carbohidratos para la producción de ácidos orgánicos como el ácido láctico, acelerando la descomposición de la materia orgánica y disminuyendo la masa de los lodos de igual manera que los *Bacillus ,* según Novik *et al*. (2016). La facilidad de estas bacterias al tener la capacidad de fermentar carbohidratos y producir productos metabólicos al convertirlos en compuestos orgánicos en formas más utilizables y simples, contribuyen a la reducción y estabilización de lodos, facilitando el proceso de tratamiento de aguas residuales, disminuyendo costos de operación y mantenimiento en plantas de tratamiento de aguas residuales según Abdullah Al-Dhabi *et al.* (2020). En cuanto a los hongos, las divisiones Zigomycota y Ascomycota, mediante la producción de enzimas degradan la materia orgánica compleja. Los Zygomycota, como Rhizopus, secretan celulasas y quitinasas capaces de descomponer lignocelulósicos para la estabilización de lodos contribuyendo en la reducción de carga microbiana de lodos residuales de la PTAR Omo al igual que las especies de bacterias ya mencionadas anteriormente según Bose Chukwuma *et al.* (2020).

El Paquete N°1 se caracteriza por estar compuesto de 5% de inoculo de microorganismos como (bacterias y hongos), 20% melaza de caña de azúcar, 1% de extracto de NaCl, 1% de extracto de levadura y 75% de agua destilada, donde la concentración promedio de microorganismos fue de $1x10^8$ UFC/ml, presentó un pH de 3.5, temperatura de 23.01°C y conductividad de 18.91 $\mu S/cm^3$. En la ficha técnica del consorcio EM-1®, presentado por EMBIOECSA (2021) cuenta con un promedio mínimo de $1X10^8$ UFC/ml entre bacterias acido lácticas, fotosintéticas y levaduras, un pH de 3.5, olor a fermentado y apariencia marrón amarillenta. Cueva Camones (2015) hace mención que la tecnología de EM que está representado por cultivos mixtos de especies los cuales coexisten en un pH aproximado de 3.5. De igual manera la mayoría de EM se desarrollan a pH entre 4 y 4.5 según Morocho y Leiva (2019). Jiménez *et al* (2018) precisan que los EM se pueden desarrollar a una variedad de temperaturas como 15 °C, 28 °C y 37 °C, Leiva Trujillo (2018) hace mención que el proceso fermentativo oscila entre 15°C y 25°C. De acuerdo a lo revisado, se puede precisar que los parámetros de pH y temperatura se encuentran dentro del rango de crecimiento de microorganismos.

En ese sentido se evaluó de manera más general el efecto que ocasiono el aplicar el T1 en los lodos, el cual estaba conformado por el Paquete N°1, mostrando resultados favorables en la reducción de patógenos después de la aplicación del mismo, como se detalló a continuación.

En la evaluación de los parámetros físico-químicos, iniciando con una temperatura inicial de 18.00°C y final de 22°C, conductividad inicial de 211.1 mS/m y final de 322.22 mS/m, además presento un pH inicial de 8.2 y final de 7. Según Delgado Rojas (2019) la temperatura óptima para actividad bacteriana es de 25°C a 35°C, un rango de pH de 3.6 a 5.9 después de la aplicación de EM agua, sin embargo, también hace mención que cuando la temperatura es menor a 15°C la digestión es lenta como precisa Shi *et al*. (2022). Asimismo, algunos autores que buscaban la producción de compost o vermicompost para la inactivación de patógenos a través del inoculo de microorganismos en lodos. Como presenta, Antacahuana y Rivera (2024) obtuvieron temperaturas promedios de 25.7

con la adición de EM compost, EM Agua y MENDE, conductividad eléctrica, de 211 a 537.8 mS/m en sus tratamientos con la adición de materia orgánica y microorganismos benéficos. Tobala (2020) registro temperatura máxima de 20.05°C y mínimo de 17.52°C, asimismo, en la presente investigación se presentaron temperaturas finales de 22°C similares a las del autor, también Arango (2012) precisa que si se presenta un incremento en la CE genera un incremento en la densidad de corriente siendo el factor que más influyen en la eliminación de contaminantes y microrganismos patógenos, lo cual sustenta la eliminación de patógenos a causa del incremento de la conductividad presentada en el desarrollo de esta investigación, según la normativa, del Gobierno del El salvador (2023) precisa que el pH debe encontrarse dentro del rango de 6 – 9, en este aspecto la presente investigación se encuentra dentro del rango para su utilización o disposición, y más aún Vásquez y Vargas (2018) precisan que los lodos que se encuentren en el rango de 5.5 a 7.0 hace referencia que se encuentran en un rango óptimo para aplicación en cultivos.

En la evaluación de los parámetros organolépticos, presentó un color inicial de Olivo oscuro grisáceo 5Y3/2 y final de Pardo rojizo oscuro 2.5YR ¾, en cuanto al olor inicial de rango 6 (desagradable) y final de rango 1 (no desagradable), finalmente, presento una textura inicial arcillosa y final de arcillo limoso. Toapaxi Mayorga (2022) precisa que la utilización EM ayuda a controlar olores, el olor que presenta después de la aplicación es similar a tierra húmeda, el color marrón o pardo oscuro. Beltrán y Campos (2016) concluyen que no existen evidencias del efecto de los ME sobre el color, pero si existe efecto significativo sobre el olor. En base a ello se precisa que los microorganismos tienen capacidad de reducir el olor y cambiar el color.

En relación a la parte microbiológica, se muestra una reducción drásticamente significativamente de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli* en lodos residuales tras la aplicación del paquete biotecnológico, estos son consistentes con lo reportado en distintas investigaciones consultadas. Okumoto *et al.* (2005), utilizaron consorcios microbianos para la estabilización de lodos sépticos , lo cual resultó en una disminución de más del 99% en coliformes totales y fecales a las dos semanas de tratamiento, lo cual es comparable con la notable reducción

observada en este estudio, donde los valores en la mayoría de los tratamientos cayeron a menos de 3,0 NMP/g.

Asimismo, Camargo Zamora (2019) reportaron una disminución significativa en coliformes termotolerantes tras la aplicación de tratamientos biotecnológicos con bacterias acido lácticas , aunque en su estudio, como en el presente, no se logró una eliminación completa en todos los casos. Esto sugiere que, aunque el tratamiento es altamente efectivo, ciertos factores específicos, como la variabilidad en la composición inicial del lodo o las condiciones de aplicación, pueden influir en la eliminación total de los patógenos.

En cuanto a *E. coli*, los resultados están por debajo de 3,0 NMP/g en la mayoría de los tratamientos, son consistentes con los hallazgos de Herrera y Corpas (2012),quienes también reportaron una reducción significativa de *E. coli* y en lodos tratados con microorganismos benéficos. Sin embargo, los controles positivos y negativos en este estudio no mostraron disminuciones comparables, lo que refuerza la efectividad del paquete biotecnológico en el control de este patógeno.

El paquete demostró una reducción del 100% de la presencia de *Salmonella* sp., después de la aplicación del tratamiento, según el análisis realizado a través de las pruebas bioquímicas, las cuales proporcionan una medida confiable de la eficacia del tratamiento. Asimismo, según la normativa de El Salvador (2023) la concentración de salmonella debe ser < 3NMP/g en base seca, de igual manera en D.S. N°015-2017-Vivienda, publicado por el Ministerio de vivienda y saneamiento (2017) debe cumplir con el parámetro de higienización que debe ser < 1NMP/g ST para ser clasificados como lodos de clase A. En vista de lo mencionado, se precisa que al evaluarse la ausencia de Salmonella se estaría cumpliendo con lo estipulado en las normativas.

El paquete demostró una reducción del 100% de la presencia de huevos de parásitos, después de la aplicación del tratamiento, según el análisis realizado a través de las pruebas bioquímicas, las cuales proporcionan una medida confiable de la eficacia del tratamiento. Asimismo, según la normativa de El Salvador (2023) la concentración de salmonella debe ser menor de 1 huevo de helminto/g en base seca, de

igual manera en D.S. N°015-2017-Vivienda, publicado por el Ministerio de vivienda y saneamiento (2017) debe cumplir con el parámetro de higienización debe ser < 1/4g ST para ser clasificados como lodos de clase A. En vista de lo mencionado, se precisa que al evaluarse la ausencia de huevos de parásitos o helmintos a se estaría cumpliendo con lo estipulado en las normativas.

V. CONCLUSIONES

El análisis indica que se aislaron 86 cepas de bacterias provenientes de muestras de frutas, lácteos y suelo, de las cuales 60 cepas fueron seleccionadas para la formación de los paquetes biotecnológicos. Las bacterias predominantes pertenecen a los géneros *Leuconostoc mesenteroides*, *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus plantarum*, los cuales son conocidos por sus propiedades beneficiosas en procesos biotecnológicos, como fermentación y control biológico. Por otro lado, en el caso de los hongos, se aislaron 33 cepas, de las cuales se seleccionaron 25 cepas para formar el paquete biotecnológico. Aquí, las divisiones predominantes fueron Zigomycota y Ascomycota, grupos de hongos que tienen un papel clave en descomposición de materia orgánica, producción de enzimas y procesos de fermentación.

La elaboración de los 5 paquetes consto en la inoculación de microorganismos aislados de diversas muestras entre las mezclas de (cepas de hongos y bacterias), con una concentración de $1x10^8$ UFC/ml respectivamente en cada paquete.

Se evaluaron 5 tratamientos y 2 controles (positivo y negativo), según los análisis realizados el T1 presentó una mayor reducción en la cantidad, propiedades organolépticas, físico-químico y microbiológicas, en comparación con los controles y los demás tratamientos, el segundo tratamiento que presentó una reducción es el T5. La efectividad de los paquetes del T1 (Paquete N°1) y T5 (Paquete N°5) en particular subraya la importancia de la selección adecuada de microorganismos y su combinación óptima para maximizar los beneficios del tratamiento.

En relación con el objetivo general, el Paquete N°1 cumple con lo establecido, considerándose un paquete biotecnológico microbiano sustentable, debido a que presento un mayor porcentaje de reducción de carga patógena, organoléptica y fisicoquímico, siendo el paquete con mayor capacidad de biosaneamiento. La sustentabilidad del paquete biotecnológico se evidencia en su capacidad para operar de manera eficiente sin la necesidad de aditivos químicos costosos, utilizando microorganismos naturales que promueven un proceso de tratamiento ecológicamente responsable. Este enfoque no solo optimiza la eficiencia del tratamiento, sino que también reduce los costos operativos y minimiza el impacto ambiental asociado con la gestión de lodos residuales. La utilización de consorcios microbianos diversificados asegura una acción sinérgica

que mejora la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en los lodos, incrementando la estabilidad y reduciendo el volumen de residuos. Adicionalmente, el paquete biotecnológico contribuye significativamente a la mejora de la seguridad ambiental y la salud pública al disminuir la presencia de patógenos en los lodos tratados. Esto reduce el riesgo de propagación de enfermedades asociadas a la contaminación de aguas y suelos, promoviendo un entorno más seguro para las comunidades locales y el ecosistema circundante.

Finalmente, el paquete biotecnológico desarrollado y evaluado, ofrece una solución innovadora para el tratamiento de lodos residuales al reducir significativamente la carga microbiana. Al disminuir la cantidad de microorganismos patógenos, nuestra tecnología no solo mejora la seguridad ambiental y de salud pública, sino que también optimiza la gestión de residuos y reduce costos operativos. Los datos muestran una reducción del 99% en la carga microbiana, cumpliendo con las normativas ambientales más exigentes para su disposición final. Esta eficiencia y efectividad contribuyen de manera significativa a la sustentabilidad de los procesos de tratamiento de lodos.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar diversos medios de cultivo para poder aislar e identificar una mayor diversidad de cepas de hongos y bacterias. Asimismo, considerar diversos medios de enriquecimiento para la identificación de patógenos.
- Utilización de la prueba test bioquímica para la identificación de bacterias.
- Determinar de manera uniformizada las UFC de las cepas de bacterias y hongos, y de manera individual, y posterior análisis de las cepas que continúan en fase de latencia después de la aplicación en los lodos.
- Se recomienda el monitoreo de los parámetros químicos y físicos a mayor profundidad en los lodos antes y después de los tratamientos, para evaluar la capacidad de remoción de estos a través del paquete biotecnológico obtenido en la presente investigación.
- Evaluar la capacidad de aplicación de los lodos tratados con el paquete biotecnológico microbiano para la agricultura.
- Realizar una comparación del compost tradicional y los lodos tratados con el paquete biotecnológico microbiano.
- Réplica del paquete biotecnológico microbiano sustentable para la aplicación a escala piloto mayor estudio al primer paquete ganador, para evaluar su capacidad a escala piloto dentro de una planta de tratamiento de lodos residuales municipales.
- Se recomienda considerar la propuesta de solución para una gestión más sustentable y económica de los residuos.

VII. REFERENCIAS

Abdullah Al-Dhabi, N., Ali Esmail, G., & Valan Arasu, M. (2020). Co-fermentation of food waste and municipal sludge from the Saudi Arabian environment to improve lactic acid production by Lactobacillus rhamnosus AW3 isolated from date processing waste. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(17), 1–17. https://doi.org/10.3390/SU12176899

Adasme, R., & Zúñiga, J. (2020). Introducción al análisis cuantitativo de datos. *Adasme Jeria,Rodrigo Zúñiga Godoy,Javier*, *Treball de*(July), 1–5. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25253.93926

Aguero Cruz, A. A. (2019). *Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar – 2019* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2045/1/T026_71530948_T.pdf

Alpízar Castillo, R. (2014). *Inóculo, inoculación*. Infomed. https://temas.sld.cu/traducciones/2014/09/15/inoculo-inoculacion-2/

Altamirano Guerreros, A. D. (2019). *Biotratamiento anaerobio y compostaje para la estabilización de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de agua residual , Cieneguilla*.

Antacahuana Tito, E. Y., & Rivera Chipana, D. del P. (2024). Influencia de microorganismos eficientes en la obtención de compost del lodo residual de la PTAR Omo – Moquegua, 2023. In *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arango, Á. (2012). Effects of the pH and the conductivity on the electrocoagulation of waste water from dairy industries. *Producción + Limpia*, *7*(1), 59–67. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000100006

Arévalo Aguado, J. (2011). Diseño del bioproceso productivo de Ácido Hialurónico [Universitad Politécnica de Valencia]. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 10, Issue 1). http://www.microbialcellfactories.com/content/10/1/99

Arias Cifuentes, E. L., & Piñeros Espinosa, P. A. (2008). *Aislamiento e*

identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde [Pontificia Universidad Javeriana]. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8233

Baquero-Rodríguez, G. A., Martínez, S., Acuña, J., Nolasco, D., & Rosso, D. (2022). How elevation dictates technology selection in biological wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, *307*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114588

Bazán Mayra, J. E. (2018). *Manual de Prácticas de Biología y Microbiología*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo UPAGU,.

Beltran Beltran, T. R., & Campos Riveros, C. M. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de jauja* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12894/3461

Beltrán Beltrán, T. R., & Campos Riveros, C. M. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12894/3461

Bhat, A. P., & Gogate, P. R. (2021). Cavitation-based pre-Treatment of wastewater and waste sludge for improvement in the performance of biological processes: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(2), 104743. https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104743

Bose Chukwuma, O., Rafatullah, M., Azan Tajarudin, H., & Ismail, N. (2020). Lignocellulolytic enzymes in biotechnological and industrial processes: A review. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(18), 1–31. https://doi.org/10.3390/su12187282

Bou, E. (2024). Estudio taxonómico polifásico de bacterias procedentes de ambientes antárticos: desripción de cuatro nuevas especies. *Saber y Sabor*, 23–110. https://doi.org/10.31819/9783968695181-004

Breymann, J. Von, Chaves, C., & Arias, M. L. (2013). Análisis de la calidad microbiológica y potencial presencia de Listeria monocytogenes en pulpas de guanábana (Annona muricata), mango (Mangifera indica) y maracuyá (Passiflora edulis) costarricenses. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *63*(2). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-

06222013000100007&lng=es&tlng=es

Bridge, P., & Spooner, B. (2001). Soil fungi: Diversity and detection. *Plant and Soil*, *232*(1–2), 147–154. https://doi.org/10.1023/A:1010346305799

Cáceres R, P., & Gotteland R, M. (2009). Probiotics in Chile: Which Are the Strains and What Are Their Effects on Human Health? *Rev Chil Nutr*, *37*, 97–109. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000100010

Camargo Zamora, C. E. (2019). Evaluación de la eficiencia del tratamiento con bacterias ácido lácticas para la remoción de coliformes termotolerantes de lodos residuales del Citrar [Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. In *Universidad Nacional Tecnològica de Lima Sur* (Vol. 1). https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/774

Cárdenas Vasquez, N. J. (2022). *Higienización de lodo de desecho proveniente del tratamiento de aguas residuales municipales con lodos activados para la obtención de abono mediante fermentación láctica* [Universidad Nacional de Ingeniería]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3267310?mode=full

Carreño Bulgarin, P. G., Quijije Franco, G., Diaz, B., Maridueña Zavala, G. M., & Cevallos Cevallos, M. J. (2023). Identification of filamentous fungi associated with the soil of the Prosperina Protected forest. *Bionatura*, *8*(1). https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.01.22

Centeno Calderón, L. G. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, *26*(1), 433–446. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123

Cheng, Y., Chon, K., Ren, X., Lee, Y., Kou, Y., Wu, Y., Shen, M., Hwang, M., & Chae, K. (2021). Contributions of enhanced endogenous microbial metabolism via inoculation with a novel microbial consortium into an anoxic side-stream reactor to in-situ sludge reduction for landfill leachate treatment. *Journal of Environmental Management*, *295*(June), 113088. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113088

Cisterna Cáncer, R. (2007). *Microbiología* (pp. 25–27). https://masdermatologia.com/PDF/0006.pdf

Corpas I, E. J., & Herrera A, O. F. (2012). Reducción de Coliformes y Escherichia coli en un sistema residual lácteo mediante microorganismos benéficos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *10*(1), 67–76.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000100009

Correa Vasquez, Y. del M. (2018). *Aislamiento e identificación de hongos con actividad antibiótica provenientes del tracto digestivo de larvas de Hermetia illucens* [Universidad Peruana Cayetano Heredia]. https://hdl.handle.net/20.500.12866/3767

Cruz Quijada, L. G. (2015). *Optimización de la aplicación de lodos de depuración de aguas residuales al abonado o mejora de suelos*. https://doi.org/https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39429

Cueva Camones, L. N. (2015). *Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microrganismos eficaces en el cultivo de brócoli en Marcará, Carhuaz* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. https://1library.co/document/z12mokvy-efecto-aplicacion-microorganismos-eficaces-brassica-oleracea-marcara-carhuaz.html

Cupe Flores, B. E., & Juscamaita Morales, J. G. (2018). Tratamiento de lodos residuales de una industria cervezera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico. *Ecología Aplicada*, *17*(1), 22. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34157105012

De Paula, J. A., Vinderola, P. G., & Weill, R. (2018). *Probióticos su impacto en la nutrición y la salud una visión desde el Cono Sur*. https://www.danoneinstitute.org/wp-content/uploads/2020/12/Book-Probiotics-2018_sp.pdf

Deepnarain, N., Nasr, M., Amoah, I. D., Enitan-Folami, A. M., Reddy, P., Stenström, T. A., Kumari, S., & Bux, F. (2020). Impact of sludge bulking on receiving environment using quantitative microbial risk assessment (QMRA)-based management for full-scale wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, *267*(April). https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110660

Delgado Rojas, J. E. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018* [Universidad Continental]. https://core.ac.uk/download/pdf/266975378.pdf

Diaz Jimenez, C. N. (2023). *Escala de olores*. https://www.olores.org/

Ding, A., Zhang, R., Ngo, H. H., He, X., Ma, J., Nan, J., & Li, G. (2021). Life cycle assessment of sewage sludge treatment and disposal based on nutrient and energy recovery: A review. *Science of the Total Environment*, *769*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144451

Domínguez Soto, J. M., Román Gutiérrez, A. D., Prieto García, F., & Acevedo Sandoval, O. (2018). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *3*(1), 141–155. https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489

El Peruano. (2017). *Normas Legales*. Diario Oficial. https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-de-urgencia-que-establece-medidas-excepcionales-y-te-decreto-de-urgencia-n-090-2020-1874820-3

EPS Moquegua S.A. (2022). *Resolucion de Gerencia General N° 145-2022-GG/EPS MOQUEGUA S.A.* https://www.epsmoquegua.com.pe/uploads/Planeamiento_gestion/RGG_145-2022.pdf

Erdirencelebi, D., & Mohammad, G. (2022). Enhanced sewage sludge treatment via parallel anaerobic digestion at the upper mesophilic level. *Journal of Environmental Management*, *320*(July), 115850. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115850

Fan, F., Xu, R., Wang, D., Tao, J., Zhang, Y., & Meng, F. (2021). Activated sludge diffusion for efficient simultaneous treatment of municipal wastewater and odor in a membrane bioreactor. *Chemical Engineering Journal*, *415*(February). https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128765

Fan, Y., Wang, X., Xu, T., & Wang, C. (2022). Resources , Conservation & Recycling A novel sludge Acidification combined Multistage Elutriation (AME) pretreatment strategy for sludge dewaterability improvement , inorganic components separation and heavy metals removal. *Resources, Conservation & Recycling*, *185*(July), 106498. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106498

Fernández Olmos, A., García de la Fuente, C., Sáez Nieto, J. A., & Valdezate

Ramos, S. (2011). Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. In *Enfermedades Infecciosas y Microbiologia Clinica* (Vol. 29, Issue 8). https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.03.012

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2022). *Lodos Activados: Definicion, Clasificacion y tipos*. https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lodos-definicion-clasificacion-tipos/

Figueroa Beltrán, R. I. (2019). *Población de hongos , bacterias y nematodos filiformes presentes en suelo bajo un sistema sustentable en Las Cañadas , Tlaxcala* [Universidad Autónoma Metropolitana]. https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26131

Fioravanti, M., Vega, N., Hernández, C., Okumoto, S., & Yeomans, J. (2005). Eficiencia de los microorganismos eficaces (em) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola. *Tierra Tropical*, *1*, 69–76. https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/65%09

Fundación CK-12. (2023). *5.3: Nutrición Bacteriana*. https://n9.cl/rzr8h

Gálvez, S. (2014). Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales sobre el suelo [Universidad Nacional Agraria la Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2337

García Cárdenas, I. M. (2016). *Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de la concentración de coliformes fecales y totales* [Universidad Politecnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12044/1/UPS-CT005866.pdf

García, P., Rodríguez, L., Rodríguez, A., & Martínez, B. (2010). Food biopreservation: Promising strategies using bacteriocins, bacteriophages and endolysins. *Trends in Food Science and Technology*, *21*(8), 373–382. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.04.010

Giordano, M. A. (2019). *Efecto del tiempo de preservación empleando el método de Castellani y la crioconservación sobre la actividad enzimática en Candida albicans* [Universidad Nacional del Nordeste]. http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27590

Gómez Alarcón, G., & Sáiz Jiménez, C. (2013). Biodeterioro de monumentos y biorremediación: Estado actual y perspectivas futuras. *Real Academia Nacional de Farmacia*, *79*(4), 562–579. https://anales.ranf.com/2013/vol4/1457.htm

Gomez Molina, L. L., & Merchan Bermudez, A. M. (2016). *Caracterizacion fisicoquimica de los lodos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual industrial de una empresa de cafe del departamento de Caldas* [Universidad Catolica de Manizales]. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/1305/1/Laura Lizeth Gomez Molina.pdf

González Cabrera, A. M. (2014). *Estudio técnico-económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia*. https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70603/fichero/3.+la+digestion+anaerobia.pdf

González de Cruz, J. U., Rodríguez palma, J. J. J., Escalante herrera, K. S., Torre Gutiérrez, L. de la, Pérez Morales, R., & Cruz Leyva, M. C. de la. (2021). Identificación genética de bacterias ácido lácticas nativas en leche cruda de vaca y queso Poro artesanal. *Manglar*, *18*(1), 7–13. https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/214

Good, G. (2015). *Identificación del ova*. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952. https://www.studocu.com/es-mx/u/92894075?sid=01732246219

Guerrero Alva, D. M., & Gamarra Ballena, G. (2006). Producción de leche fermentada utilizando bacterias probióticas (Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium lactis y Streptococcus thermophilus) con leche de cabra y de vaca. *Ciencia e Investigacíon 9*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/ci.v9i1.4973

Guillen Nepita, A. L. (2020). *Morfología colonial*. Ding Microbiología. https://dingmicrolab.wordpress.com/2020/10/12/morfologia-colonial/

Gutiérrez Jiménez, J., Luna Cazáres, L. M., Mendoza Orozco, M. I., Díaz Marina, G. de J., Burguete Gutiérrez, J. C., & Feliciano Guzmán, J. M. (2015). Organización, mantenimiento y preservación de la colección de cultivos bacterianos del instituto de ciencias biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), México. *Revista de La Sociedad Venezolana*

de Microbiología, *35*(2), 95–102. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199444210007

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis. In Instituto universitario de innovación ciencia yTecnología (Ed.), *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. https://doi.org/10.35622/inudi.b.073

Hakiki, R., Wikaningrum, T., & Kurniawan, T. (2018). The prospect of hazardous sludge reduction through gasification process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *106*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012092

Han, H., Dong, L., & Qiao, J. (2021). Data-knowledge-driven diagnosis method for sludge bulking of wastewater treatment process ☆. *Journal of Process Control*, *98*, 106–115. https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2021.01.001

Higa, T. (2021). *EM-1*. https://embioecsa.com/wp-content/uploads/2021/09/Ficha-Tecnica-EM.1.pdf

Hospital Regional Moquegua. (2020). *Boletín Estadístico Hospital Regional Moquegua El Perú Primero*. https://www.epsmoquegua.com.pe/uploads/Planeamiento_gestion/RGG_145-2022.pdf

Jimenez, R., Valdes, S., Olarde, V., Juarez, R., & Garcia, J. (2018). *Effect of pH and temperature on the growth and antagonistic activity of Bacillus subtilis on Rhizoctonia solani Efecto del pH y temperatura sobre el crecimiento y actividad antagónica*. 256–275. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1711-3

Juan Manuel, G. B., Sara, I. A., & Héctor, M. R. (2022). *La textura de un suelo* [Universidad Politecnica de Valencia]. https://riunet.upv.es/handle/10251/7775

Kidd, S., Halliday, C., Alexiou, H., & Ellis, D. (2016). Descriptions of Medical Fungi. In *Descriptions of Medical Fungi* (Issue November). https://doi.org/10.1079/9781800622340.0000

Lazarre, J. (2017). Chapter 23. *The Communist and the Communist's Daughter*, 163–174. https://doi.org/10.1215/9780822372387-023

Leff, J. W., & Fierer, N. (2013). Bacterial Communities Associated with the

Surfaces of Fresh Fruits and Vegetables. *PLoS ONE*, *8*(3), 1–9. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059310

Leiva Trujillo, B. F. (2018). *Elaboración de biofertilizante a partir de estiercol de ganado vacuno y efluente del proceso de fermentación cervecera mediante fermentación homoláctica* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3740

Llanos, A. D. (2021). Efectos de la estabilización y compostaje de lodos residuales con microorganismos eficaces en el índice de calidad de planta de Tecoma Stans en el distrito de Viques-Huancayo [Universidad Nacional del Centro del Perú]. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. http://hdl.handle.net/20.500.12894/7264

Llivichuzca Guapisaca, M. N. (2016). *Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de la concentración de huevos helmintos* [Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12048/1/UPS-CT005871.pdf

Lopardo, H. (2016). Manual de Microbiología Clínica de la Asociación Argentina de Microbiología. In *Universidad Nacional de La Plata: Vol. II* (pp. 1–295). https://www.aam.org.ar/descarga-archivos/ParteII.pdf

Lopardo, H. A., Predari, S. A., & Vay, C. (2011). Manual de microbiología clínica de la asociación argentina de microbiología. In *Manual De Microbiología Clínica De La Asociación Argentina De Microbiología.* (pp. 154–212). https://www.aam.org.ar/publicaciones/otras/manual-de-microbiologia-clinica

Lopes Bhering, L. (2017). Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform SOFTWARE/DEVICE RELEASE. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *17*(January), 187–190. http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29

López Juárez, A. (2019). *Bioproductos* [Universidad Politécnica De Pachuca]. https://prezi.com/p/ztzp1jfiuwqa/bioproductos/

Lopez Martinez, M., Perez Piqueres, A., & Canet Castello, R. (2016). *Métodos para la medida de la fermentabilidad de los lodos de las estaciones depuradoras*

de aguas residuales (p. 43). https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/6134

Lopez Mestanza, E. (2018). *Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito el Alto, Talara Piura* [Universidad Catolica Santo Toribio de Magrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1289/1/TL_LopezMestanzaEnrique.pdf.pdf

Low, E. W., & Chase, H. A. (1999). Reducing production of excess biomass during wastewater treatment. *Elsevier Science*, *33*(5), 1119–1132. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00325-X

Lowe, J. L., & Barnett, H. L. (1960). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. In *Mycologia* (4th ed, Vol. 52, Issue 2). https://doi.org/10.2307/3756026

Luna Feijoo, M. A., & Mesa Reinaldo, J. R. (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index%0ARESUMEN

Machado Junior, J. (2022). *Topografía Basica* (1st ed.). https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/3379/1/Livro_topografiabasicaenespanol.pdf

Margolles, A., Cepeda, A., Mateos, A., Rodríguez, A., Sánchez, A., Suarez, J., Álvarez, G., Martínez, I., Pérez, J., Rodriguez, J., Gregorio, S., & Fente, C. (2018). *Guía de actuación y documento de consenso sobre el manejo de preparados con probióticos y/o prebióticos en la farmacia comunitaria* (1st ed.). https://www.sefac.org/sites/default/files/2018-07/guia_probioticosweb.pdf

Marín, J. (2004). *Transformaciones de variables*. Estadística Descriptiva. http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/EDescrip/tema4.pdf

Mau, S., Vega, K., & Sánchez, M. (2011). *Aislamiento de bacterias del suelo y su potencial utilización en sistemas de tratamiento de aguas residuales*. *42*(2), 45–52.

Mendez Dimate, Y. H. (2018). Caracterización molecular de bacterias Gram positivas del banco de cepas de la universidad colegio mayor de Cundinamarca [Universidad colegio mayor de cundinamarca]. In *Universidad colegio mayor de cundinamarca*.

https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/3641

Meng, F., Peng, M., Wang, X., & Zhang, G. (2020). Lactic acid wastewater treatment by photosynthetic bacteria and simultaneous production of protein and pigments. *Environmental Technology*, *0*(0), 1–23. https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1782479

Michalska, J., Turek-Szytow, J., Dudło, A., & Surmacz-Górska, J. (2022). Characterization of humic substances recovered from the sewage sludge and validity of their removal from this waste. *EFB Bioeconomy Journal*, *2*(March), 100026. https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2022.100026

Ministerio de agricultura. (2010). *Instructivo técnico para la detección de Salmonella spp* (pp. 1–16). https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/instructivo_tecnico_para_la_deteccion_de_salmonella_spp_iso-6579-2002-e.pdf

Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. (2017). *Caracterización de los lodos de depuradoras generados en España*. https://www.congreso.es/entradap/l12p/e5/e_0053780_n_000.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). *Lineamientos técnicos para la evaluación de actividades, obras o proyectos que comprendan el manejo y reuso de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales* (p. 69). https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/lineamientos-tecnicos-para-la-evaluacion-de-actividades-obras-o-proyectos-que-comprendan-el-manejo-y-reuso-de-lodos-provenientes-del-tratamiento-de-aguas-residuales/

Ministerio de salud. (2003). *Manual de procedimientos de laboratorio para el diagnostico de los parasitos intestinal de hombre*. https://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/165_NT37.pdf

Ministerio de Vivienda. (2018). *RM-093-2018-VIVIENDA*. https://nike.vivienda.gob.pe/dgaa/archivos/rm-093-2018-vivienda.pdf

Ministero de vivienda y Saneamiento. (2017). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2017-

vivienda/

Montero Reyes, R. (2017). *Normas legales*. https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/12302-128-2017-vivienda

Montoya castrillón, M., Serna vasco, K. J., Pinilla, L., & Quiceno rico, J. M. (2021). Aislamiento y caracterización de hongos filamentosos de muestras de madera y suelos de la reserva natural “La Lorena” de Sonsón, Antioquia (Colombia). *Dyna Rev.Fac.Nac.Minas*, *88*(219), 171–180. https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v88n219.96144

Morocco Llampi, S., & Paye Huallpa, K. M. (2022). *Efecto de Typha angustifolia L. (Totora) y Phragmites T tif Phragmites australis australis (carrizo) en la remoción de nutrientes en la planta de tratamiento de agua residual Omo - Moquegua, 2021* [Universidad Continental]. https://hdl.handle.net/20.500.12394/11535

Morocho, M. T., & Leiva mora, M. (2019). Microorganismos eficientes , propiedades funcionales y aplicaciones. *Centro Agrícola*, *46*(2), 93–103. http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf

Morocho, M. T., & Leiva Mora, M. (2019). Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, *46*(2), 93–103. http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf

Navi, S. S., Bandyopadhyay, R., Hall, A. J., & Bramel Cox, P. J. (1999). A Pictorial Guide for the Identification of Mold Fungi on Sorghum Grain Hall. In *International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics, 1999.* (Issue 59). https://oar.icrisat.org/1948/1/A_Pictorial_Guide_for_the_Identification.pdf

Nazir, A., Farooq, B., Farooq, M., Anjum, S., Farooq, U., Shameem, N., Egamberdieva, D., & Fazeli Nasab, B. (2024). *Microbiome Drivers of Ecosystem Function Chapter 2 - Soil microbial diversity and functions*. *0*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19121-3.00011-9

Nikolaeva Zvezdanova, M. E. (2022). *Identificación de hongos filamentosos y levaduras de interés clínico* [Universidad Complutense de Madrid]. https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/ae6791ce-220b-4d62-9842-ffc44360b56b/content

Novik, G., Meerovskaya, O., & Savich, V. (2016). Waste Degradation and

Utilization by Lactic Acid Bacteria: Use of Lactic Acid Bacteria in Productio of Food Additives, Bioenergy and Biogas. *Intech*, *i*(tourism), 15. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69284

Ochoa Carreño, C. D., & Montoya Restrepo, A. (2010). Consorcios microbianos: Una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. *Rev.Fac.Cienc.Econ*, *XVIII*(2), 55–74. http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v18n2/v18n2a04.pdf

Olveira Fuster, G., & González Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutricion Hospitalaria*, *22*(SUPPL. 2), 26–34. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000500005

Onchoke, K. K., Fateru, O. O., Friedfeld, R. B., & Weatherford, P. W. (2022). Evaluation and analysis of perlite and municipal wastewater sludge (biosolids) from three wastewater treatment plants in East Texas, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, *194*(2). https://doi.org/10.1007/s10661-022-09794-z

Organización Mundial de la Salud. (2011). Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos. In *Guías Mundiales de la WGO Probióticos y prebióticos* (p. 29). https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/global-guidelines/probiotics-and-prebiotics/probiotics-and-prebiotics-spanish

Otero, O. (2022). *El revolucionario mundo de los probióticos*. https://www.planetadelibros.com.pe/autor/olalla-otero/000056670

Pacheco Gomez, M. G. (2022). *Determinacion de los factores de variacion de consumo maximo diario, maximo horario y volumen de regulacion de la ciudad Moquegua* [Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa]. http://hdl.handle.net/20.500.12773/15174

Paucar Sánchez, A. M. (2011). *Optimización de la concentración inicial del inóculo y medio de cultivo para la producción de un bioacaricida a partir de Bacillus thuringiensis en un bioreactor discontinuo a escala piloto* [Escuela Politécnica del Ejército]. https://redi.cedia.edu.ec/document/373491

Portillo, G. (2020). *Autólisis*. https://www.renovablesverdes.com/autolisis/

Qualitat. (2024). *Hemolisis*.

https://www.qualitat.cc/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/Taxonomia_basica.pdf

Quispe Perez, M. L. (2017). *Los efectos de los parametros operativos en el diseño de la Ptar Omo Moquegua 2017* (Vol. 1999, Issue December) [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3555/49_2017_quispe_perez_ml_espg_doctorado_ciencias_ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quispe Perez, M. L., Piñas Rivera, L. C., Del Valle Gonzales, J. R., & Aguirre Chavez, F. (2020). *Aplicaciones tecnologicas de tratamiento de aguas residuales*. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58476.pdf

Rafieenia, R., Atkinson, E., & Ledesma-amaro, R. (2022). ScienceDirect Division of labor for substrate utilization in natural and synthetic microbial communities $. *Current Opinion in Biotechnology*, *75*, 102706. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102706

Ramírez Corona, A. B., Márquez Lucio, M. A., & Alejo Iturvide, F. (2019). Identificación bioquímica de los diversos tipos de Salmonella en el Área Natural Protegida “Las Musas” en Manuel Doblado, Guanajuato. *Jóvenes En La Ciencias*, *6*(7), 1–12. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3102

Ramirez, J., Rosas Ulloa, P., Velazquez Gonzalez, M. Y., Ulloa, jose armando, & Arce Romero, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Repositorio Intitucional Aramara*, *9*, 44–51. http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf

Rapp, K. M., Jenkins, J. P., & Betenbaugh, M. J. (2020). ScienceDirect Partners for life : building microbial consortia for the future. *Current Opinion in Biotechnology*, *66*, 292–300. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.001

Reinoso Caicedo, G. E. (2018). Identificación y clasificación de bacterias con potencial en biotecnología vegetal [Universidad Técnica de Ambato]. In *New England Journal of Medicine* (Vol. 372, Issue 2). http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29125

Requena, T. (2018). Bacterias lácticas en la alimentación y en la salud. *Gender*

and Development, *120*(1), 0–22. http://hdl.handle.net/10261/194782

Rincon Carreño, L. N. (2019). *Aprovechamiento de los lodos de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Empresa Lactea, Municipio de Cogua* [Fundacion Universidad de America]. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7455/1/679232-2019-II-GA.pdf

Rodríguez Antolín, R., Fernandez Polanco, M., & Pablos Aragon, J. (2019). *Digestión anaerobia de fangos en pequeñas depuradoras. Viabilidad económica* [Universidad de Valladolid]. http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37387

Rodríguez Gómez, J. M. (2006). *Microorganismos y salud: Bacterias lácticas y bifidobacterias probióticas*. https://editorial.tirant.com/es/libro/microorganismos-y-salud-bacterias-lacticas-y-bifidobacterias-probioticas-9788474918236

Rondon R., M. C. (2002). *Estudio de la compatibilidad de crecimiento de un cultivo mixto bacteriano para la biodegradación del gasoil* [Universidad de los Andes]. http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/1/TDE-2006-06-27T10:58:31Z-110/Publico/Marisol Rondon.pdf

Rosado Flores, M. F., González Prieto, J. M., Mireles Martínez, M., Torres Ortega, J. A., Rosas Garcia, M. N., & Villegas Mendoza, J. M. (2020). Identificación de microorganismos aislados de suelos agrícolas con capacidad de tolerar 2.4-D y malatión. *Ciencias Quimico-Biologicas*, *23*, 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.248

Said, S. Ben, Tecon, R., Borer, B., & Or, D. (2020). ScienceDirect The engineering of spatially linked microbial consortia – potential and perspectives. *Current Opinion in Biotechnology*, *62*, 137–145. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.09.015

Schlatter, D. C., Kahl, K., Carlson, B., Huggins, D. R., & Paulitz, T. (2018). Fungal community composition and diversity vary with soil depth and landscape position in a no-till wheat-based cropping system. *FEMS Microbiology Ecology*, *94*(7), 1–15. https://doi.org/10.1093/femsec/fiy098

Schwarz, K. R., Sidhu, J. P. S., Toze, S., Li, Y., Lee, E., Gruchlik, Y., & Pritchard, D. L. (2019). *Decay rates of Escherichia coli , Enterococcus spp ., F-speci fi*

c bacteriophage MS2 , somatic coliphage and human adenovirus in facultative pond sludge. *154*, 62–71. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.027

Semblante, G. U., Phan, H. V, Hai, F. I., Xu, Z., Price, W. E., & Nghiem, L. D. (2017). Science of the Total Environment The role of microbial diversity and composition in minimizing sludge production in the oxic-settling-anoxic process. *Science of the Total Environment*, *607–608*, 558–567. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.253

Shi, J., Su, J., Ali, A., Xu, L., Yan, H., Su, L., & Qi, Z. (2022). Bioresource Technology Newly isolated lysozyme-producing strain Proteus mirabilis sp . SJ25 reduced the waste activated sludge : Performance and mechanism. *Bioresource Technology*, *358*(May), 127392. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127392

Sorgo, A., Kramberger, J., & Ajdnik, U. (2016). *From municipal / industrial wastewater sludge and FOG to fertilizer : A proposal for economic sustainable sludge management b*. 1–17. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.063

Soto Esguerra, R. C. (2017). *Evaluación de tratamientos para el control de hongos asociados a la yautía (Xanthosoma spp. Schott) selección Nazareno y el mal seco bajo condiciones de invernadero y laboratorio*. *May*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25411.71203

Spellman, F. (2009). *Water and Wastewater Treatment Plant Operations* (CRC Press). https://www.abpsoil.com/images/Books/Handbook-of-water-and-wastewater-treatment-plant-operations.pdf

Suárez, J. (2013). *Microbiota autóctona , probióticos y prebióticos*. *28*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000700009

Suárez, L., & Peñaranda, F. (2022). Identificación molecular de hongos filamentosos y su potencial biotecnológico* Molecular identification of filamental fungi and its biotechnological potential. *Investigación Científica y Tecnológica*, *20*(1), 194–206. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1914

Suescún Montoya, O. E. (2014). Conceptos e indicadores básicos de la epidemiología aplicados a la inspección, vigilancia y control sanitario de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos. *Fnsp*, *1*, 1–15.

http://bitly.ws/xarh

Sunass. (2022). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ambito de las empresas prestadoras*. https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/3087490-diagnosticos-de-las-ptar-en-el-ambito-de-las-empresas-prestadoras

Tambo, N., Kobayashi, M., Thebault, P., & Haubry, A. (1982). Sludge Treatment and Disposal. *Water Supply*, *1*(2 /3). https://doi.org/10.2166/9781780402130

Tanczuk, M., & Kostowski, W. (2021). Technical, energetic and economic optimization analysis of selection of heat source for municipal sewage sludge dryer. *Energies*, *14*(2). https://doi.org/10.3390/en14020316

Tapia, G. (2023). *Sustentabilidad, desarrollo e indicadores Punto de partida para el análisis económico financiero* [Universidad de Belgrano]. https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion_general/sadaf/xliii_jornadas/sustentabilidad_-desarrollo-e-indicadores.-punto-de-partida-para-el-analisis-economico-financiero.pdf

Toapaxi Mayorga, E. S. (2022). *Alternativa sustentable para el aprovechamiento de lodosactivados residuales, generados en plantas de tratamiento de aguas residuales en empresas de alimentos* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5d5719c8-94bc-46a0-88c6-388de0fa1c56/content

Tobala, R. (2020). *Efecto de la Eisenia foetida lombriz roja californiana, en el lodo residual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Media Luna, Ilo-Moquegua* [Universidad Nacional de Moquegua]. https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/258

Tordera Castro, A. (2017). *Identificación y caracterización de cepas probióticas de utilidad en una industria láctea* [Universidad de Valladolid]. http://uvadoc.uva.es/handle/10324/32874

Torsvik, V., & Øvreås, L. (2002). Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystemS. *Current Opinion in Microbiology*, 240–245. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s1369-5274(02)00324-7

Troconis, A. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales*. https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf

Vallejo, U. C. (2024). *Ureasa*.

http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/ureasa.pdf

Vasquez Aleman, J. P., & Vargas Martinez, G. (2018). *Aprovechamiento de lodos planta de tratamiento de aguas residuales municipio de funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo* [Universidad Catolica de Colombia]. http://hdl.handle.net/10983/16425

Villamil Díaz, L., & Martínez Silva, M. A. (2016). Probióticos como herramienta biotecnológica en el cultivo de camarón: reseña. *Bulletin of Marine and Coastal Research*, *38*(2), 165–187. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2009.38.2.177

Vinderola, G. (2014). *Bacterias probióticas en productos lácteos fermentados*. *66*, 5–21. https://www.ancefn.org.ar/user/files/anales/tomo_63/17.pdf

Vojnovic, S., Aleksic, I., Ilic-Tomic, T., Stevanovic, M., & Nikodinovic-Runic, J. (2024). Bacillus and Streptomyces spp. as hosts for production of industrially relevant enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *108*(1). https://doi.org/10.1007/s00253-023-12900-x

Wang, S., Fang, F., Li, K., Yue, Y., Xu, R., & Luo, J. (2022). Sludge reduction and microbial community evolution of activated sludge induced by metabolic uncoupler o-chlorophenol in long-term anaerobic-oxic process. *Journal of Environmental Management*, *316*(April), 115230. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115230

Watanabe, T. (1937). Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi, Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. In *Journal of Phytopathology* (Vol. 159, Issue 4). https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01775.x

Wilches Flórez, Á. M. (2010). Biotechnology in a globalized world. *Revista Colombiana de Bioética*, *5*(2), 164–169. https://www.redalyc.org/pdf/1892/189218186016.pdf

Zamora Mayorga, D. J., Monge García, G. V., Ubillus Chicaiza, S. C., & Moreno Paredes, M. A. (2023). Análisis no paramétrico a través de Kruskal-Wallis para evaluar a distribución sectorial y el desarrollo de las empresas dentro de la Provincia de Orellana. *Tesla Revista Científica*, *3*(2), e228. https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e228

ANEXOS

ANEXO I: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 34:
Aislamiento de bacterias

Nota: Aislamiento de bacterias y selección a través de la siembra por dispersión.

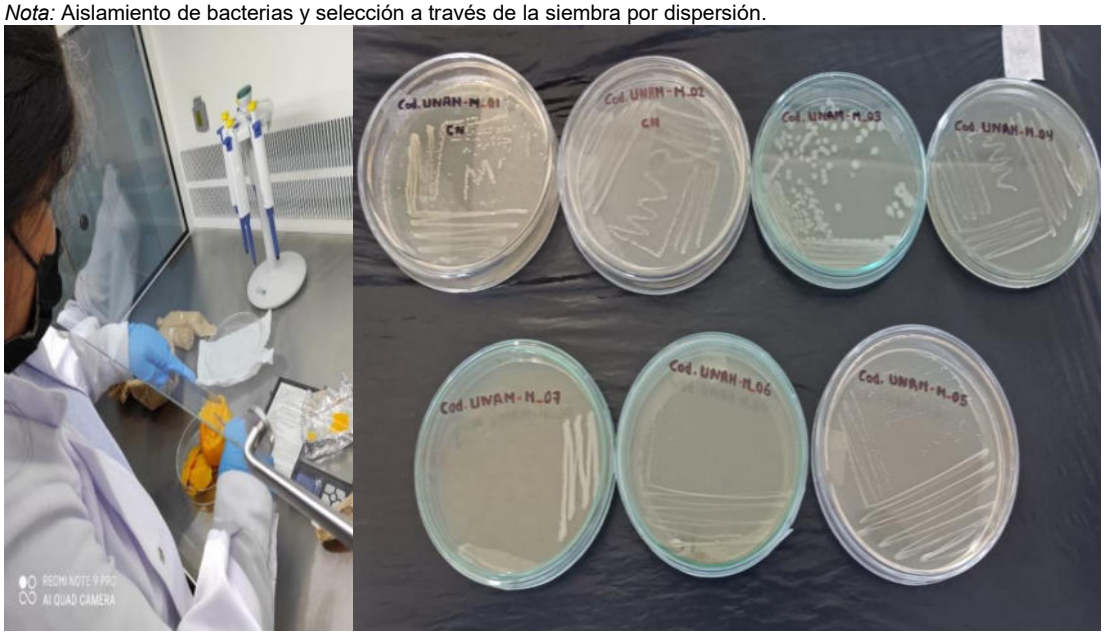
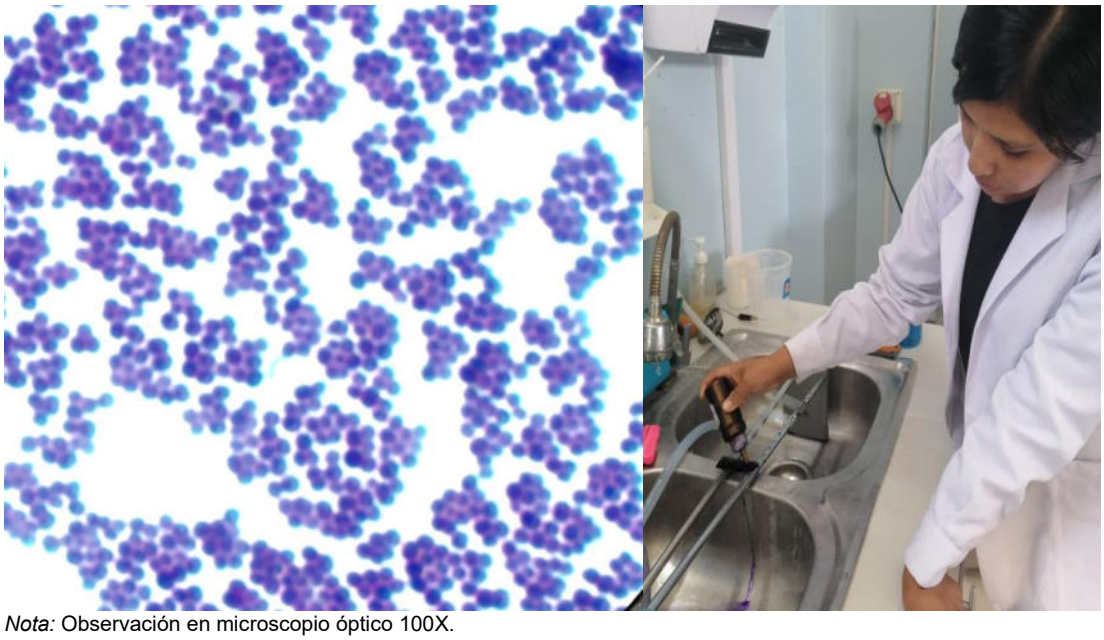


Figura 35:

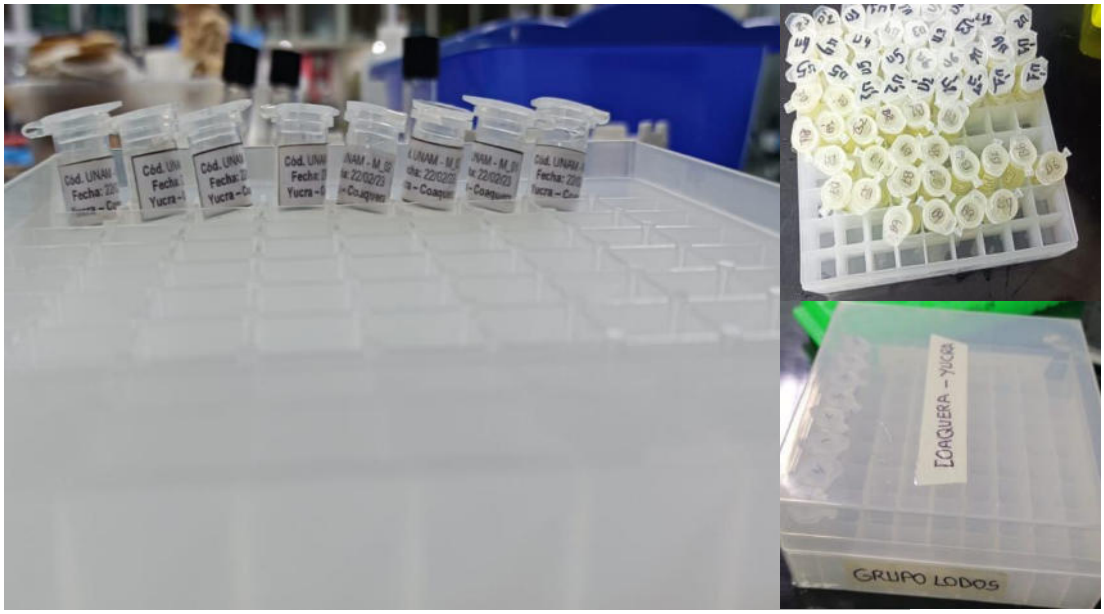
Tinción Gram y observación microscópica.



Nota: Observación en microscopio óptico 100X.

Figura 36:

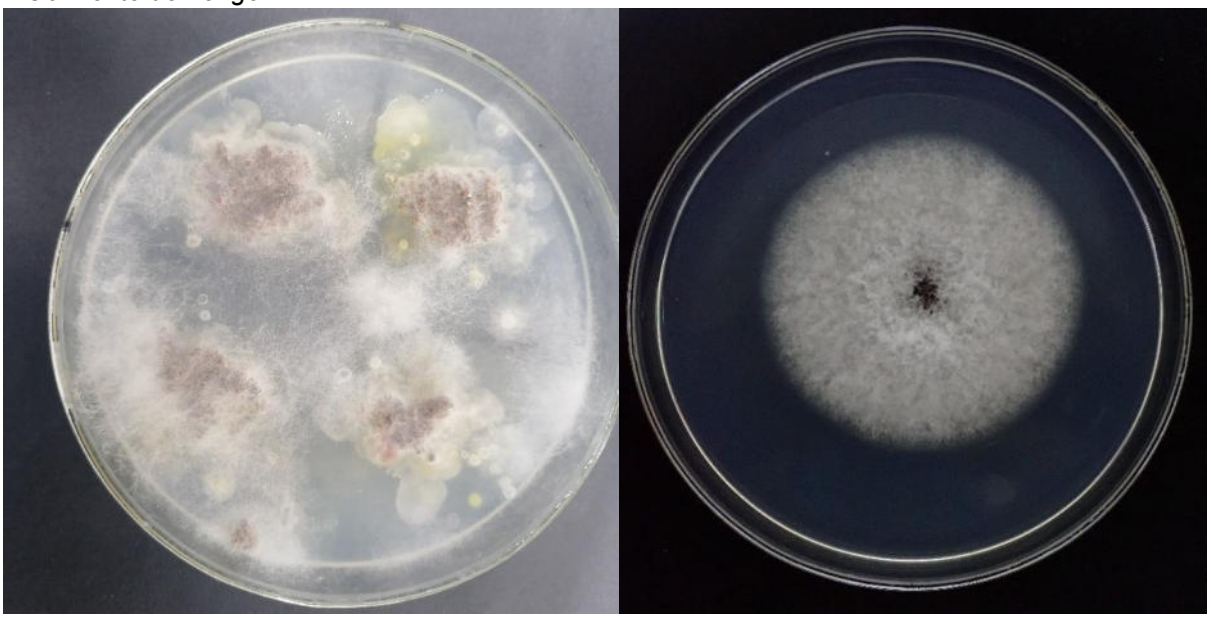
Conservación de cepas bacterianas en tubos Eppendorf Safe-Lock



Nota: Conservación en 200 µl de caldo nutriente (CN) y 300 µl de glicerol 40% como agente crioprotector.

Figura 37:

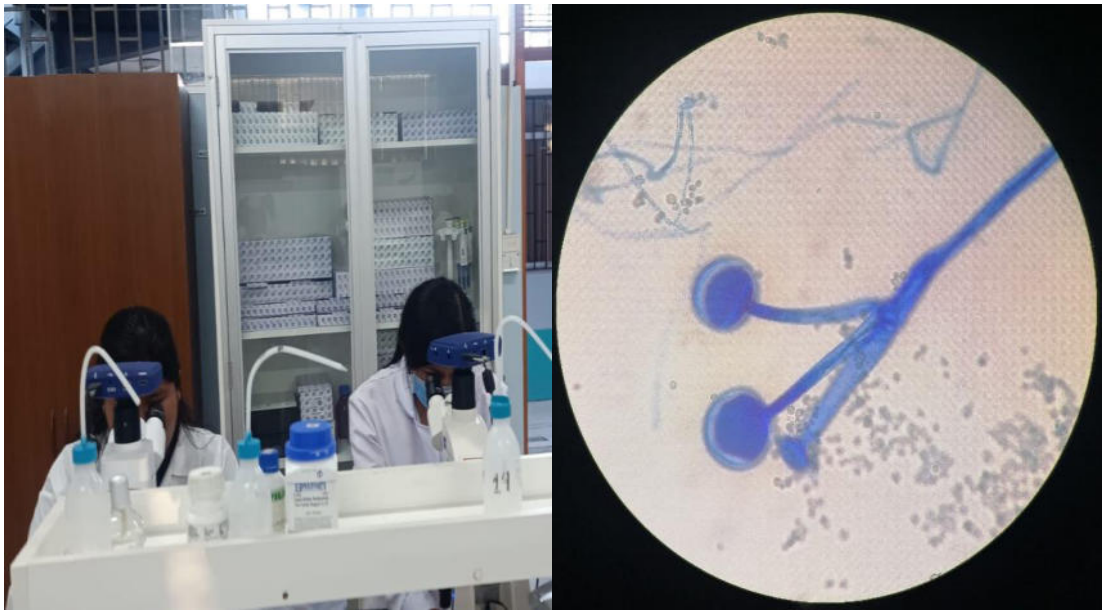
Aislamiento de hongo



Nota: Siembra en placa directa y selección de cepa.

Figura 38:

Observación microscópica y tinción con lactofenol



Nota: Observación microscópica en 40X y 100X.

Figura 39:

Conservación de cepas de hongos por método Castellani



Nota: Conservación a través del método Castellani (5 ml de agua destilada y un cuadrado de muestra con PDA)

Figura 40:

Formación de mezcla de Hongo y mezcla de bacterias.



Nota: Suspensión de la mezcla en agua destilada autolavado, para evitar el crecimiento

Figura 41:

Formación de paquetes biotecnológicos



Nota: Concentraciones para la formación del paquete biotecnológico microbiano 5% (300 ml) del inoculo (150 ml de la mezcla de bacteria y 150 ml de la mezcla de hongo), 20% de melaza de caña de azúcar pura, 75 % de agua destilada, 1% extracto de cloruro de sodio y 1% de extracto de levadura.

Figura 42:

Toma de muestras en la PTAR – Omo.



Nota: Toma de muestras de lodos en la laguna primaria de la PTAR-Omo, a través de toma en diversos puntos.

Figura 43:

Introducción de lodos en unidades experimentales



Nota: Formación de las unidades experimentales a través de la muestra compuesta de lodos.

Figura 44:

Vista panorámica de las unidades experimentales



Nota: Vista panorámica de las 21 unidades experimentales.

Figura 45:

Monitoreo diurno de las unidades experiméntales



Nota: Monitoreo de parámetros organolépticos y físicos.

Figura 46:

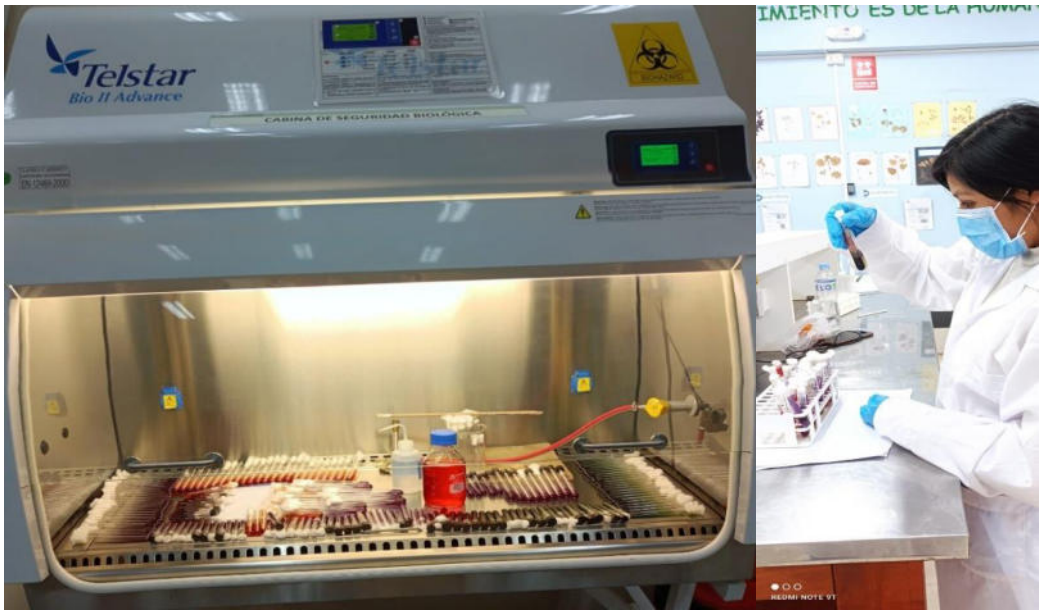
Monitoreo nocturno de las unidades experiméntales



Nota: Monitoreo de parámetros organolépticos y físicos.

Figura 47:

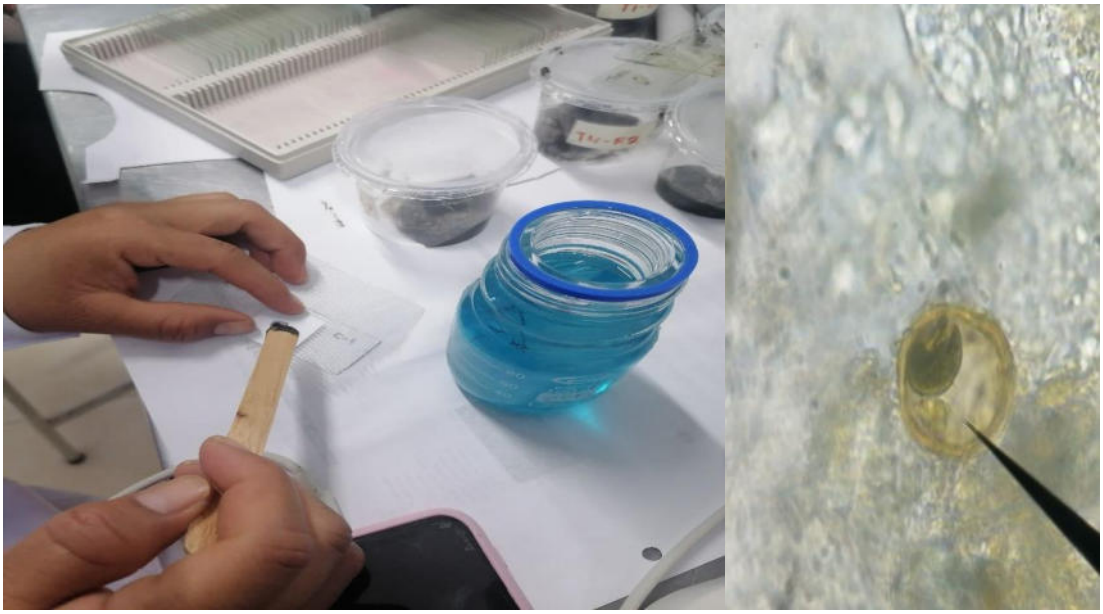
Preparación de medios para los microorganismos patógenos y lectura de los mismos



Nota: Preparación y lectura en diversos medios para identificación de los parámetros microbiológicos evaluados.

Figura 48:

Preparación demuestras y observación microscópica de huevos de parásitos



Nota: Lectura de presencia o ausencia de huevos de parásitos en lodos.

ANEXO II: BASE DE DATOS

Tabla 41: Base de datos de la caracterización macroscópica, microscópica y bioquímica de las cepas de bacterias seleccionadas

	Macroscopica									Microscopica		Prueba bioquimica																	
												TSI			LIA				MIO				RM-VP						
Codigo	Tamaño	Forma	Borde	Transparencia	Brillo	Color	Textura	Elevacion	Consistencia	Tincion Gram(+/-)	Formas de bacterias	TSI	Gas	FeS	LIA	Gas	FeS	CS	Morvilidad	Ornitina Descaboxilasa	indol	UREA	RM	VP	Catalaza	Oxidasa	Cuagulasa	NaCl	Emolisis de sangre
BACILOS N(-)S																													
UNAM-F_09	Pequeño (1.40 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Convexa	Mucoide	N(-)	Bacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/A	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)		P(+)	-	-	-	-
UNAM-P_02	Puntiforme (0.49 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Lisa	Plana	Mucoide	N(-)	Bacilos	K/K	P(+)	N(-)	K/K	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	-	-	-	-
UNAM-P_04	Puntiforme (0.15 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Lisa	Plano	Mucoide	N(-)	Bacilos	K/K	P(+)	N(-)	K/K	N(-)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	-	-	-	-
UNAM-SCH_04	Pequeña (1.92 mm)	Irregular	Ondulado	T	B	NP	Rugosa	Convexa	Suave	N(-)	bacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	-	-	-	-
UNAM-SCH_06	Pequeña (1.32 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Rugosa	Pulvinada	Suave	N(-)	bacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SM_01	Pequeña (1.02 mm)	Irregular	Rizado	T	SB	NP	Rugoso	Plano	Suave	N(-)	Bacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SM_05	Puntiforme (0.72 mm)	Irregular	Lobulado	T	B	A	Liso	Plano	Suave	N(-)	bacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/K	N(-)	N(-)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
BACILOS P(+)S																													
UNAM-M_07	Mediano (2.35 mm)	Irregular	Ondulado	O	SB	NP	Rugosa	Plana	Mucoide	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	-	P(+)	-
UNAM-Y_01	Grande (5.35 mm)	Irregular	Rizado	O	SB	NP	Lisa	Elevado	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	-	P(+)	-
UNAM-F_04	Pequeño (1.15 mm)	Circular	Entero	O	B	A	Lisa	Elevado	Mucoide	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	-	P(+)	-
UNAM-F_06	Grande (3.05 mm)	Circular	Entero	O	B	NP	Lisa	Convexa	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	N(-)	P(+)	-	P(+)	-
UNAM-F_10	Pequeño (1.55 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Elevado	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	N(-)	N(-)	-	P(+)	-
UNAM-U_05	Pequeña (1.05 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Convexa	Dura	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	N(-)	P(+)	-	N(-)	-
UNAM-P_01	Puntiforme (0.55 mm)	Circular	Entero	T	SB	NP	Lisa	Elevado	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	-	N(-)	-
UNAM-SSC_03	Pequeña (1.32 mm)	irregular	rizado	T	B	NP	Lisa	Pulvinada	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	-	P(+)	-
UNAM-SSC_05	Mediana (2.12 mm)	Pusiforme	Entero	T	B	NP	Lisa	Convexa	Suave	P(+)	Bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	-	P(+)	-
UNAM - SP_05	Pulvinada (0.92 mm)	Irregular	Ondulado	O	SB	NP	Rugosa	Pulvinada	Mucoide	P(+)	bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	-	N(-)	-
UNAM - SM_08	Pequeña 1.02 mm	Circular	Entero	O	SB	NP	Liso	Plana	Suave	P(+)	bacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	-	P(+)	-
BACILOS ESPORULADOS P(+)S																													
UNAM-M_03	Mediana (2.75 mm)	Irregular	Rizado	O	SB	NP	Rugosa	Elevada	Suave	P(+)	Bacilos esporulados	K/A	N(-)	N(-)	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	-	-	-	Alfa
UNAM-U_07	Grande (4.05 mm)	Irregular	Ondulado	O	SB	NP	Rugoso	Plana	Suave	P(+)	Bacilos esporulados	A/A	P(+)	N(-)	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	-	-	-	Beta
BACILOS ESPORULADOS N(-)S																													
UNAM-P_06	Mediano (2.55 mm)	Irregular	Rizado	O	SB	NP	Rugoso	Plano	Suave	N(-)	Bacilos esporulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)		-	N(-)	Beta
COCOBACILOS P(+)S																													
UNAM-M_06	Puntiforme (0.40 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	P(+)	Cocosbacilos	A/A	P(+)	P(+)	K/A	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)		-	-	-	-
UNAM-L_09	Mediano (2.05 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	lisa	plana	Suave	P(+)	cocobacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/K	N(-)	N(-)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-F_03	Puntiforme (0.55 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Plana	Suave	P(+)	Cocobacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/A	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-U_02	Pequeño (1.30 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Rugoso	Pulvinada	Dura	P(+)	Cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	-	-	-	-

	Macroscopica									Microscopica		Prueba bioquimica																
Codigo	Tamaño	Forma	Borde	Transparencia	Brillo	Color	Textura	Elevacion	Consistencia	Tincion Gram(+/-)	Formas de bacterias	TSI			LIA			CS	MIO			UREA	RM-VP		Catalaza	Oxidasa	Cuagulasa	NaCl	Emolisis de sangre
												TSI	Gas	FeS	LIA	Gas	FeS		Morvilidad	Ornitina Descaboxilasa	indol		RM	VP					
UNAM-SSC_01	Puntiforme (0.92 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Rugosa	Elevada	Suave	P(+)	Cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-SSC_02	Pequeña (1.42 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Convexa	Suave	P(+)	Cocobacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-SSC_07	Pequeña (1.22 mm)	Pusiforme	Entero	T	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	P(+)	cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-SCH_03	Pequeña (1.72 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Plano	Suave	P(+)	cocobacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/K	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM-SCH_05	Mediana (2.62 mm)	Irregular	Lobulado	O	SB	NP	Rugosa	Plano	Duro	P(+)	cocobacilos	A/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SP_01	Pequeña(1,12 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	P(+)	cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	N(-)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SP_06	Pulvinada (1,02 mm)	Irregular	Ondulado	O	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	P(+)	cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/K	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SM_04	Puntiforme (0.62 mm)	Circular	Entero	T	B	A	Liso	Elevada	Suave	P(+)	cocobacilos	A/A	P(+)	P(+)	K/A	N(-)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SM_07	Pequeño (1.02 mm)	Fusiforme	Entero	O	B	A	Liso	Plano	Dura	P(+)	cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	P(+)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SH_06	Pequeña (1.42 mm)	Circular	Entero	O	B	NP	Rugosa	Pulvinada	Suave	P(+)	cocobacilos	K/A	P(+)	N(-)	K/A	P(+)	N(-)	P(+)	P(+)	P(+)	P(+)	N(-)	N(-)	N(-)	P(+)	-	-	-	-
COCOBACILOS N(-)																												
UNAM-SCH_02	Pequeña (1.52 mm)	Irregular	Rizado	O	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	N(-)	cococbacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	-	-	-	-
UNAM - SH_02	Pulvinada (0.62 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Liso	plana	suave	N(-)	cocobacilos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	-	-	-	-
COCOS N(-)S																												
UNAM-Y_02	Mediano(1.35 mm)	Circular	Entero	O	B	NP	Lisa	Elevado	Suave	N(-)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	N(-)	-	-	Gamma
UNAM-Y_04	Pequeño(1.45 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Rugoso	Plano	Suave	N(-)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	-	-	Gamma
UNAM - SM_10	Pulvinada (0.52 mm)	Irregular	Lobulado	O	SB	NP	Liso	Plana	Suave	N(-)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	-	-	Alfa
UNAM - SH_03	Pulvinada (0.92 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Liso	convexa	suave	N(-)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	-	-	Gamma
UNAM - SH_04	Pequeña (1.52 mm)	Pusiforme	Entero	T	B	NP	Liso	Convexa	Mucoide	N(-)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	-	-	Gamma
COCOS P(+)S																												
UNAM-M_01	Pequeña (1.1mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Elevada	Suave	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM-M_04	Puntiforme (0.35 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Pulvinada	Suave	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM-L_01	Pequeño (1.35 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	Convexa	Suave	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-L_04	Pequeño (1.40 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Rugosa	plana	dura	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-L_06	Mediano (2.95 mm)	Irregular	Rizado	T	B	NP	Lisa	elevado	Mucoide	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-L_07	Pequeño (1.40 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Lisa	pulvinada	suave	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-L_08	Mediano (2.35 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Lisa	elevada	Suave	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-L_12	Mediano (2.00 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Lisa	pulvinada	Dura	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-Y_05	Grande (3.15 mm)	Irregular	onduladp	O	SB	NP	Rugoso	Convexa	Suave	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM-Y_06	Pequeño(1.50 mm)	Circular	Entero	O	B	NP	Rugoso	Plano	Duro	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM-U_03	Pequeño (1.55 mm)	Irregular	Ondulado	O	SB	NP	Rugoso	Convexa	Suave	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-

	Macroscopica									Microscopica									Prueba bioquimica										
Codigo	Tamaño	Forma	Borde	Transparencia	Brillo	Color	Textura	Elevacion	Consistencia	Tincion Gram(+/-)	Formas de bacterias	TSI			LIA			CS	MIO			UREA	RM-VP		Catalaza	Oxidasa	Cuagulasa	NaCl	Emolisis de sangre
												TSI	Gas	FeS	LIA	Gas	FeS		Morvilidad	Ornitina Descaboxilasa	indol		RM	VP					
UNAM-P_03	Puntiforme (0.25 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Lisa	Elevado	Mucoide	P(+)	Cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM - SP_02	Pulvinada(0.92 mm)	Irregular	Lobulado	T	SB	NP	Lisa	Plana	Mucoide	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM - SP_04	Pequeña (1.22 mm)	Circular	Entero	T	B	NP	Rugosa	Pulvinada	Mucoide	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM - SH_01	Pulvinada (0.82 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Liso	Convexa	Suave	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	P(+)	P(+)	-	-
UNAM - SH_05	Pequeña (1.12 mm)	Circular	Entero	O	SB	NP	Liso	Elevado	Suave	P(+)	cocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM-L_02	Pequeño (1.45 mm)	Irregular	Ondulado	O	B	NP	Lisa	Elevada	Mucoide	P(+) (+)	Espetrococos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-
UNAM-U_08	Grande (6.25 mm)	Irregular	Rizado	O	SB	NP	Rugoso	Plana	Suave	P(+) (+)	Diplococos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	P(+)	N(-)	P(+)	-	-

Nota:

NP: No pigmentado; A: Amarillo; SB: Sin brillo; B: Brillo; T: Transparente; O: Opaco: N(-): Negativo y P(+) Positivo.

ANEXO III: CUADROS DE MONITOREO

Anexo III.1: Cantidad de lodos antes y después de los tratamientos

Tabla 42: *Cantidad antes y después del tratamiento de lodos*

Tratamientos	INICIO DEL TRATAMIENTO				FINAL DEL TRATAMIENTO					
	Peso de caja kg	Peso de lodos (inicial) kg	Peso de cajas + lodo kg	% peso inicial lodos	Peso de cajas + lodo kg	Peso de caja kg	Peso de lodos (final) kg	% Final lodos	% Promedio Final lodos	% Reducción de lodos
T1R1	2.50	9.90	12.40	100.00%	4.50	2.50	2.00	20.20%		
T1R2	1.90	10.00	11.90	100.00%	3.50	1.90	1.60	16.00%	14.54%	85.46%
T1R3	2.45	10.10	12.55	100.00%	3.20	2.45	0.75	7.43%		
T2R1	2.00	10.00	12.00	100.00%	5.00	2.00	3.00	30.00%		
T2R2	1.90	10.10	12.00	100.00%	5.00	1.90	3.10	30.69%	32.86%	67.14%
T2R3	1.75	9.90	11.65	100.00%	5.50	1.75	3.75	37.88%		
T3R1	2.00	10.10	12.10	100.00%	6.50	2.00	4.50	44.55%		
T3R2	2.15	10.00	12.15	100.00%	5.00	2.15	2.85	28.50%	31.59%	68.41%
T3R3	2.35	9.90	12.25	100.00%	4.50	2.35	2.15	21.72%		
T4R1	1.95	10.10	12.05	100.00%	5.00	1.95	3.05	30.20%		
T4R2	2.00	10.00	12.00	100.00%	6.50	2.00	4.50	45.00%	33.57%	66.43%
T4R3	1.45	10.00	11.45	100.00%	4.00	1.45	2.55	25.50%		
T5R1	1.95	10.10	12.05	100.00%	5.20	1.95	3.25	32.18%		
T5R2	2.00	9.90	11.90	100.00%	5.40	2.00	3.40	34.34%	34.01%	65.99%
T5R3	2.45	10.00	12.45	100.00%	6.00	2.45	3.55	35.50%		
C+1	2.25	9.90	12.15	100.00%	5.20	2.25	2.95	29.80%		
C+2	1.25	10.00	11.25	100.00%	7.20	1.25	5.95	59.50%	43.10%	56.90%
C+3	1.60	11.00	12.60	100.00%	6.00	1.60	4.40	40.00%		
C-1	2.00	10.10	12.10	100.00%	7.50	2.00	5.50	54.46%		
C-2	1.90	9.90	11.80	100.00%	7.00	1.90	5.10	51.52%	55.13%	44.87%
C-3	2.00	10.10	12.10	100.00%	8.00	2.00	6.00	59.41%		

Anexo III.2: Coliformes totales de lodos antes y después de los tratamientos

Tabla 43: *Coliformes totales (NMP/g) antes de la aplicación del tratamiento*

Código	Caldo lauril			Caldo brilla			NMP/g (95% confianza)
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	
T1R1	3	2	2	3	2	2	210
T1R2	3	3	0	3	3	2	1100
T1R3	3	3	2	3	3	2	1100
T2R1	3	3	2	3	2	2	210
T2R2	3	3	3	3	3	3	>1100
T2R3	3	3	3	3	3	3	>1100
T3R1	3	3	3	3	3	3	>1100
T3R2	3	3	3	3	3	3	>1100
T3R3	3	3	3	3	2	2	210
T4R1	3	3	3	3	3	2	1100
T4R2	3	3	3	3	2	2	210
T4R3	3	3	3	3	3	3	>1100
T5R1	3	3	2	3	3	2	1100
T5R2	3	3	0	3	3	2	1100
T5R3	3	3	1	3	2	2	210
C+1	3	3	3	3	3	3	>1100
C+2	3	3	2	3	3	2	1100
C+3	3	3	3	3	2	2	210
C-1	3	3	3	3	3	3	>1100
C-2	3	3	2	3	3	2	1100
C-3	3	3	3	3	3	2	210

Tabla 44: *Coliformes totales (NMP/g) después de la aplicación del tratamiento*

Código	Caldo lauril			Caldo brilla			NMP/g (95% confianza)
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	
T1R1	0	0	0	0	0	0	<3.0
T1R2	0	0	0	0	0	0	<3.0
T1R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T2R1	0	0	0	0	0	0	<3.0
T2R2	3	3	3	0	0	0	<3.0
T2R3	3	3	3	3	3	3	>1100
T3R1	3	3	2	3	3	2	1100
T3R2	0	0	0	0	0	0	<3.0
T3R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T4R1	3	1	0	3	2	0	93
T4R2	3	3	3	3	2	3	290
T4R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T5R1	0	0	0	0	0	0	<3.1
T5R2	0	0	0	0	0	0	<3.2
T5R3	0	0	0	0	0	0	<3.3
C+1	3	3	2	3	3	2	1100
C+2	3	2	2	3	3	2	1100
C+3	3	3	3	3	2	3	290
C-1	3	2	2	3	3	2	1100
C-2	3	3	3	3	1	2	120
C-3	3	3	2	3	3	3	>1100

Anexo III.3: Coliformes termotolerables en lodos antes y después de los tratamientos

Tabla 45: *Coliformes termotolerables (NMP/g) antes de la aplicación del tratamiento*

Código	Caldo lauril			EC			NMP/g (95% confianza)
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	
T1R1	3	2	2	3	1	2	120
T1R2	3	3	0	3	3	1	460
T1R3	3	3	2	3	3	2	1100
T2R1	3	3	2	3	1	2	120
T2R2	3	3	2	3	3	1	460
T2R3	3	3	3	3	3	2	1100
T3R1	3	3	3	3	3	1	460
T3R2	3	3	3	3	3	2	1100
T3R3	3	3	3	3	1	2	120
T4R1	3	3	3	3	3	1	460
T4R2	3	3	3	3	1	2	120
T4R3	3	3	3	3	3	3	> 1100
T5R1	3	3	2	3	3	2	1100
T5R2	3	3	3	3	1	2	120
T5R3	3	3	1	3	3	1	460
C+1	3	3	3	3	2	3	290
C+2	3	3	2	3	2	3	290
C+3	3	3	3	3	3	2	1100
C-1	3	3	3	3	3	3	> 1100
C-2	3	3	2	3	2	0	120
C-3	3	3	3	3	3	1	460

Tabla 46: *Coliformes termotolerables (NMP/g) después de la aplicación del tratamiento*

Código	Caldo lauril			EC			NMP/g (95% confianza)
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	
T1R1	0	0	0	0	0	0	<3.0
T1R2	0	0	0	0	0	0	<3.0
T1R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T2R1	0	0	0	0	0	0	<3.0
T2R2	3	3	3	0	0	1	3.0
T2R3	3	3	3	3	1	3	160
T3R1	3	3	2	2	0	0	9.2
T3R2	0	0	0	3	0	0	23
T3R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T4R1	3	3	0	1	3	0	16
T4R2	3	3	3	0	0	0	<3.0
T4R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
T5R1	0	0	0	0	0	0	<3.0
T5R2	0	0	0	0	0	0	<3.0
T5R3	0	0	0	0	0	0	<3.0
C+1	3	3	2	3	2	2	210
C+2	3	2	2	3	2	3	290
C+3	3	3	3	3	3	2	1100
C-1	3	2	2	3	2	2	210
C-2	3	3	3	3	3	3	>1100
C-3	3	3	2	3	3	2	1100

Anexo III.4: ***Escherichia coli*** **en lodos antes y después de los tratamientos**

Tabla 47: *Prueba bioquímica de Escherichia coli (NMP/g) antes del tratamiento*

Código	Cantidad	TSI		Gas	Sulfuro	LIA		Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descaboxilasa	Indol	Urea	Positivo /Negativo para *E. coli*
T1R1	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Negativo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	K	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	K	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T1R2	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
	1															Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T1R3	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo
T2R1	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	K	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T2R2	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T2R3	1	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Positivo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	1	A	A	Positivo	Positivo	K	A	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T3R1	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	K	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Negativo	Negativo	K	A	Negativo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo
	0.1															Negativo
	0.01	K	K	Negativo	Negativo	K	K	Negativo	Negativo	Positivo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T3R2	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	1															Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	K	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
T3R3	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.1	K	A	Negativo	Negativo	K	K	Negativo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo

	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														Negativo
	1														Negativo
	0.1														Negativo
T4R1	0.1														Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														
T4R2	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
T4R3	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
T5R1	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	K	A	Positivo	Negativo	A	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
T5R2	0.1	A	A	Positivo	Positivo	K	A	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
	0.1	A	K	Positivo	Positivo	K	K	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.1	A	K	Positivo	Positivo	K	A	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														Negativo
T5R3	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
C-R1	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
C-R2	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	K	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														Negativo
C-R3	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.1														Negativo

	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	K	K	Positivo	Negativo	A	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	1														Negativo
	1														Negativo
	0.1														Negativo
C+R1	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	K	A	Positivo	Positivo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
C+R2	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1														Negativo
C+R3	0.1														Negativo
	0.1														Negativo
	0.1														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo
	0.01														Negativo

Tabla 48: *Escherichia coli (NMP/g) antes del tratamiento*

Código	*E. coli*			NMP/g (95% confianza)
	1	**0.1**	**0.01**	
T1R1	2	1	0	15
T1R2	2	1	0	15
T1R3	2	3	0	29
T2R1	3	0	1	38
T2R2	2	1	0	15
T2R3	2	1	0	15
T3R1	2	3	0	29
T3R2	1	3	0	16
T3R3	2	1	0	15
T4R1	1	1	1	11
T4R2	2	3	0	29
T4R3	2	2	0	21
T5R1	2	2	0	21
T5R2	2	1	0	15
T5R3	2	2	0	21
C+1	1	2	1	15
C+2	2	2	0	21
C+3	2	2	0	21
C-1	1	1	1	11
C-2	2	3	0	29
C-3	2	2	0	21

Tabla 49: *Prueba bioquímica de Escherichia coli (NMP/g) después del tratamiento*

Código	cantidad	TSI	Gas	Sulfuro	LIA	Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T1R1	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T1R2	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T1R3	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
T2R1	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo

Código	cantidad	TSI	Gas	Sulfuro	LIA	Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T2R2	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01	A A	Positivo	Negativo	K K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1	A K	Negativo	Positivo	A K	Negativo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	1	A K	Positivo	Positivo	A K	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	1	A A	Positivo	Positivo	A K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	0.1	A A	Positivo	Positivo	K A	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Negativo
T2R3	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01	A K	Negativo	Positivo	A K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	0.01	A K	Negativo	Positivo	A K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	0.01	A K	Positivo	Positivo	A K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	1	A A	Positivo	Positivo	K A	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
	1	A A	Positivo	Negativo	K K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T3R1	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1	K K	Positivo	Negativo	K A	Negativo	Positivo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	1	A A	Positivo	Negativo	K K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
T3R2	1	A A	Positivo	Negativo	K K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.1													Negativo

Código	cantidad	TSI	Gas	Sulfuro	LIA	Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T3R3	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
T4R1	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T4R2	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
T4R3	1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.1													Negativo

Código	cantidad	TSI	Gas	Sulfuro	LIA	Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T5R1	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T5R2	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	1													Negativo
	1													Negativo
	0.1													Negativo
T5R3	0.1													Negativo
	0.1													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
	0.01													Negativo
C-R1	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
	0.1	K	A	Negativo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo

Código	cantidad	TSI		Gas	Sulfuro	LIA		Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	1	A	K	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
C-R2	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	1	K	A	Negativo	Negativo	K	A	Negativo	Negativo	Positivo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Positivo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
C-R3	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	1	K	K	Positivo	Negativo	A	A	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1															Negativo
	1															Negativo
	0.1															Negativo
C+R1	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Positivo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	A	Positivo	Positivo	Positivo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
	0.01	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Positivo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	1	K	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
C+R2	1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo

Código	cantidad	TSI		Gas	Sulfuro	LIA		Gas	Sulfuro	Cs	MIO	Motilidad	Ornitina descarboxilasa	Indol	UREA	Positivo/Negativo para E. coli
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	k	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	0.1	A	A	Positivo	Negativo	K	K	Positivo	Negativo	Negativo		Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
C+R3	0.1															Negativo
	0.1															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo
	0.01															Negativo

Tabla 50: *Escherichia coli (NMP/g) después del tratamiento*

Código	*E. coli*			NMP/g (95% confianza)
	1	**0.1**	**0.01**	
T1R1	0	0	0	<3.0
T1R2	0	0	0	<3.0
T1R3	0	0	0	<3.0
T2R1	0	0	0	<3.0
T2R2	0	0	1	3
T2R3	0	0	0	<3.0
T3R1	1	0	0	3,6
T3R2	2	0	0	9,2
T3R3	0	0	0	<3.0
T4R1	0	3	0	9,4
T4R2	0	0	0	<3.0
T4R3	0	0	0	<3.0
T5R1	0	0	0	<3.0
T5R2	0	0	0	<3.0
T5R3	0	0	0	<3.0
C+1	3	1	0	43
C+2	2	2	0	21
C+3	2	2	0	21
C-1	1	1	1	11
C-2	3	1	0	43
C-3	3	1	0	43

Anexo III.5: ***Salmonella*** **sp. en lodos antes y después de los tratamientos**

Tabla 51: *Ausencia/Presencia de Salmonella antes del tratamiento*

Código	Caldo Rappaport	Aislamiento		Prueba Bioquímica						Especie	Ausencia/Presencia	Total	Presencia %
		Agar XLD	Agar SS	TSI	GAS	H2S	LIA	GAS	H2S				
T1R1	(+)	(+)	(-)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
T1R2	(+)	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia	100%	67%
T1R3	(+)	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia		
T2R1	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia		
T2R2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia	100%	100%
T2R3	(+)	(-)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
T3R1	(+)	(+)	(+)	A/A	(-)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia		
T3R2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia	100%	67%
T3R3	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia		
T4R1	(+)	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia		
T4R2	(+)	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia	100%	67%
T4R3	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
T5R1	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
T5R2	(+)	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	-	Ausencia	100%	67%
T5R3	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia		
C+1	(+)	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia		
C+2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia	100%	67%
C+3	(-)	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia		
C-1	(+)	(+)	(-)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
C-2	(+)	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia	100%	100%
C-3	(+)	(-)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia		

Tabla 52: *Ausencia/Presencia de Salmonella después del tratamiento*

Código	Caldo Rappaport	Aislamiento		Prueba Bioquímica						Especie	Ausencia/Presencia	Total	Presencia %
		Agar XLD	Agar SS	TSI	GAS	H2S	LIA	GAS	H2S				
T1R1	(-)	(-)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(-)	(-)	-	Ausencia		
T1R2	(-)	(-)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(-)	(-)	-	Ausencia	100%	0%
T1R3	(-)	(-)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(-)	(-)	-	Ausencia		
T2R1	(-)	(-)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(-)	(-)	-	Ausencia		
T2R2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia	100%	33%
T2R3	(+)	(-)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia		
T3R1	(+)	(-)	(+)	A/A	(-)	(-)	K/K	(+)	(-)	*Salmonella subg. III*	Presencia		
T3R2	(+)	(+)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(+)	(-)	-	Ausencia	100%	33%
T3R3	(+)	(-)	(+)	K/A	(-)	(+)	A/A	(-)	(-)	-	Ausencia		
T4R1	(+)	(-)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/K	(-)	(-)	-	Ausencia		
T4R2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella Paratyphi A.*	Presencia	100%	33%
T4R3	(+)	(+)	(-)	K/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(-)	-	Ausencia		
T5R1	(-)	(-)	(-)	K/K	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	-	Ausencia		
T5R2	(-)	(-)	(-)	K/K	(-)	(+)	K/A	(+)	(-)	-	Ausencia	100%	0%
T5R3	(-)	(-)	(-)	K/A	(+)	(+)	A/A	(-)	(-)	-	Ausencia		
C+1	(-)	(+)	(+)	A/A	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	-	Ausencia		
C+2	(+)	(-)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella paratyphi B o C*	Presencia	100%	67%
C+3	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella typhimurium*	Presencia		
C-1	(+)	(+)	(+)	K/A	(+)	(+)	K/K	(+)	(+)	*Salmonella subesp.I /Salmonella subg. III*	Presencia		
C-2	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(+)	K/A	(-)	(+)	*Salmonella Typhi (excepción)*	Presencia	100%	100%
C-3	(+)	(+)	(+)	K/A	(-)	(-)	K/A	(-)	(-)	*Salmonella paratyphi A*	Presencia		

Anexo III.6: Huevos de parásitos en lodos antes y después de los tratamientos

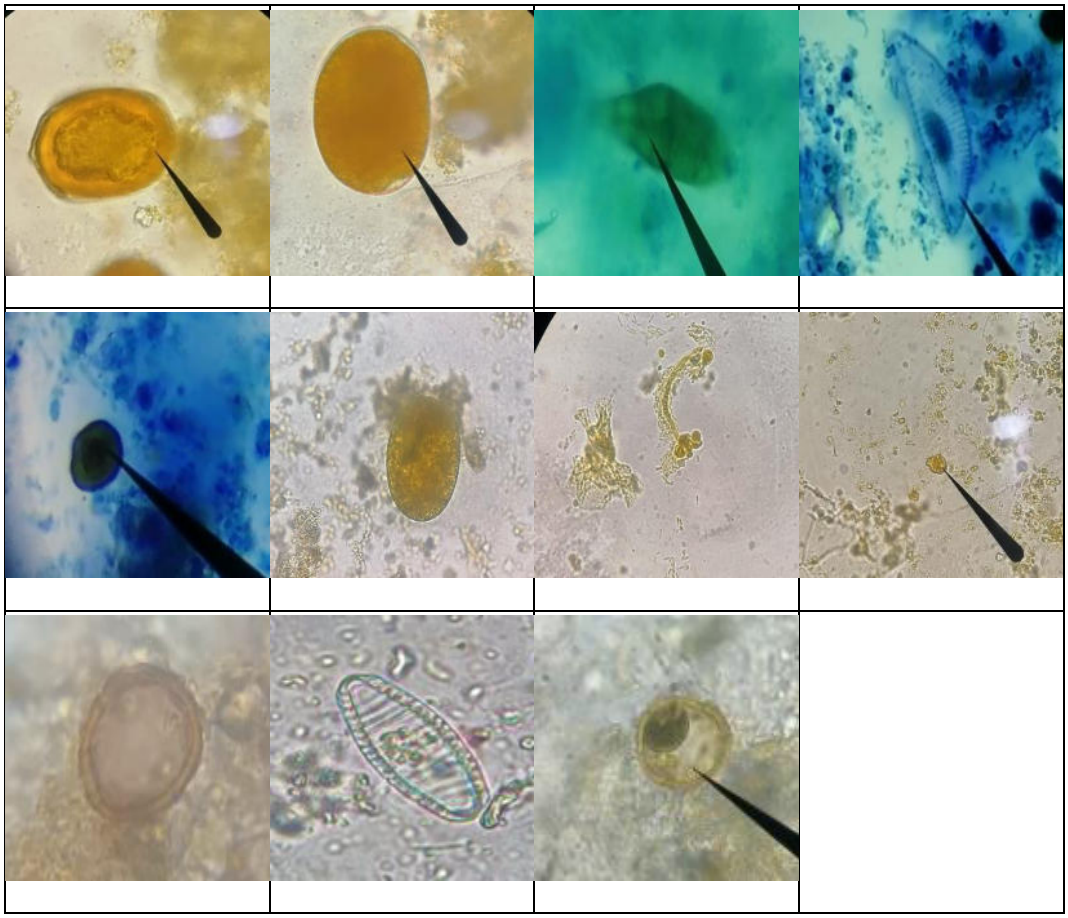
Tabla 53: *Presencia/Ausencia de huevos de parásitos antes de la aplicación del tratamiento*

Código	Obv.1	Obv.2	Obv.3	Presencia/Ausencia	% Presencia
T1R1	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T1R2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	100.00%
T1R3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T2R1	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T2R2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	88.89%
T2R3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T3R1	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	
T3R2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	88.89%
T3R3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T4R1	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T4R2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	100.00%
T4R3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T5R1	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
T5R2	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	88.89%
T5R3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
C+1	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
C+2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	100.00%
C+3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
C-1	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	
C-2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	88.89%
C-3	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	

Tabla 54: *Presencia/Ausencia de huevos de parásitos después de la aplicación del tratamiento*

Código	Obv.1	Obv.2	Obv.3	% Presencia
T1R1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
T1R2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0.00%
T1R3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
T2R1	Presencia	Ausencia	Presencia	
T2R2	Ausencia	Ausencia	Presencia	44.44%
T2R3	Ausencia	Presencia	Ausencia	
T3R1	Presencia	Ausencia	Ausencia	
T3R2	Presencia	Presencia	Ausencia	44.44%
T3R3	Ausencia	Ausencia	Presencia	
T4R1	Ausencia	Ausencia	Presencia	
T4R2	Ausencia	Presencia	Ausencia	33.33%
T4R3	Ausencia	Presencia	Ausencia	
T5R1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
T5R2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0.00%
T5R3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
C+1	Presencia	Presencia	Ausencia	
C+2	Presencia	Presencia	Presencia	88.89%
C+3	Presencia	Ausencia	Presencia	
C-1	Presencia	Presencia	Presencia	
C-2	Presencia	Ausencia	Presencia	88.89%
C-3	Presencia	Presencia	Presencia	

Figura 49: *Fotografía de huevos de parásitos encontrados antes y después del tratamiento*



ANEXO IV: DOCUMENTACIÓN PRESENTADA

Universidad Nacional de Moquegua
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Ilo, 24 de Julio del 2023

Lic. Karol de los Santos
Gerente/ Jefe de producción de la oficina de producción de agua potable y tratamiento de aguas residuales Omo

Presente:

ASUNTO:
SOLICITÓ PERMISO PARA TOMA DE MUESTRAS DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) PARA ESTUDIO DE PROYECTO DE TESIS - EPIAM

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente a su vez solicitar a su despacho EL PERMISO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO-MOQUEGUA, para el desarrollo del proyecto de investigación "DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA)"; el mismo que se encuentra en proceso de aprobación. Los cuales se solicita el permiso correspondiente para los integrantes del equipo de investigación (Lidia M. Coaquera Zanga y Yamilet M. Yucra Oquendo) ; desde julio hasta diciembre del presente año.

Sin otro particular me despido de su digna persona esperando su gentil aceptación.

Atentamente

Dr. Hébert Hernan Soto Gonzales
Director del Proyecto de Investigación
Asesor de Tesis

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FORMULARIO ÚNICO DE TRÁMITE (FUT)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
RECIBIDO
23 MAR. 2023
N° DE REGISTRO:
ESC. PROF. INGENIERIA AMBIENTAL

I. SOLICITO:
Autorización para desarrollo de experimentos UNAM - Pampa Inalambrica

II. DEPENDENCIA O AUTORIDAD A QUIEN SE DIRIGE LA SOLICITUD:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

III. DERECHO DE TRÁMITE (opcional)

N° COMPROBANTE DE PAGO	FECHA DE PAGO

IV. DATOS DEL SOLICITANTE:

PERSONA NATURAL

Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	DOCUMENTO DE IDENTIDAD
SOTO	GONZALES	HEBERT HERNAN	DNI ☒ L.E. ☐ C.E. ☐ OTRO ☐ N° 01317360

PERSONA JURÍDICA

Razón Social	RUC
	N°

REPRESENTANTE LEGAL (ADJUNTAR DOCUMENTO QUE LO ACREDITE COMO TAL)

Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	DOCUMENTO DE IDENTIDAD
			DNI ☐ L.E. ☐ C.E. ☐ OTRO ☐ N°

V. DIRECCION:

DOMICILIO : AV. /CALLE / JIRÓN / DPTO. / MZ. / LOTE / URB.		
DISTRITO	**PROVINCIA**	**DEPARTAMENTO**
ILO	ILO	MOQUEGUA
Autorizo se me notifique al siguiente correo electrónico:	**TELÉFONO:**	**CELULAR:**

VI. FUNDAMENTACION DE LA SOLICITUD (PETITORIO - Indicar en forma clara lo que se solicita):

Es grato dirigirme a usted para expresarle un coidial saludo en mi calidad de docente ordinario de la EPIAM, para solicitarle la utilización de un ambiente al aire libre perteneciente al campus UNAM - Pampa Inalambrica (50 m²), para el desarrollo del proyecto titulado: "Desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR Omo (Moquegua), ejecutado por: Lidia Marleni Caaquera Zanga - Yamilet Medalyn Yucra Oquendo durante el periodo I del semestre 2023.

VII. ANEXOS (Relación de Documentos y Anexos que se adjunta):

FIRMA DEL USUARIO

Ilo, 23 de Marzo del 2023
LUGAR Y FECHA

OBSERVACIONES :

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME Nº 022 -2023-HHSG-DOC-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO

A : **MSc. SUCY ALICIA CABALLERO APAZA**
RESPONSABLE DEL ALMACEN IQBF, ESTABLECIMIENTO N°2

DE : **Dr. HEBERT HERNAN SOTO GONZALES**
DOCENTE ORDINARIO

ASUNTO : SOLICITO AUTORIZACION PARA USO DE INSUMO FISCALIZADO

FECHA : **Ilo, 18 de octubre del 2023**

Es grato dirigirme a usted para expresarle un cordial saludo en mi calidad de Docente Ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para solicitar el permiso para el uso de reactivos, para el desarrollo del Proyecto de Tesis aprobado mediante Resolución de Facultad N° 126 – 2023 – FACIA-UNAM.

Para dicho efecto acudo a su despacho para solicitar y autorizar el uso del siguiente insumo fiscalizado.

TITULO DE TESIS	Desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena en lodos de la PTAR OMO (Moquegua)
TESISTAS (COD.UNIVERSITARIO)	– Yucra Oquendo, Yamilet Medalyn (2018205044) – Coaquera Zanga, Lidia Marleni (2018205015)
INSUMO FISCALIZADO	– Ácido clorhídrico concentrado al 35%
FECHA DE USO	– 30 de octubre de (8:00 am a 1: 00pm)

Se pretende utilizar el insumo fiscalizado acido clorhídrico para completar la prueba de **Indol en Agar Mio** del análisis microbiológico de *E.coli* donde se necesita preparar el reactivo de Kovacs al 5 % con tres reactivos que incluye la cantidad de 15 ml Ácido Clorhídrico concentrado para un total de 21 muestras. Adjunto Resolución de proyecto y practica de laboratorio.

Es todo cuanto informo a usted, para su conocimiento y acciones correspondientes.
Atentamente

Firma del docente ordinario EPIAM
DNI N° 01317360

Traer.
- Frasco
- Pipeta
-

Recibido.
18-10-23

c.c. Archivo

Universidad Nacional De Moquegua
Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología
Grupo de investigación - BIOMIB
E-mail: biolog@unam.edu.pe

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, DIRECTOR DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA, JEFE DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN – BIOMIB DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA.

HACE CONSTAR.

Que las bachilleres Lidia Marleni Coaquera Zanga y Yamilet Medalyn Yucra Oquendo, egresadas de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, han realizado su trabajo de investigación titulado: *"Desarrollo de un paquete biotecnológico microbiano sustentable para la reducción de carga microbiana patógena de lodos producidos en la PTAR OMO (Moquegua) 2023"*, en el laboratorio de investigación de Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad Nacional de Moquegua, del mes de enero a diciembre del 2023.

Se le expide la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que se estime por conveniente,

Atentamente,

Blgo. Hebert H. Soto Gonzales
Director

Escaneado con CamScanner

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 74321841
Correo electrónico : lidiacoaquerazanga@gmail.com
Teléfono/Celular : 921 804 812

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) - 2023"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.08.01
c) Fecha de publicación : 02/01/2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Dr. HEBERT HERNÁN SOTO GONZALES.
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01317360
c) ORCID : 0000-0002-9936-1943

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74321841
NOMBRES Y APELLIDOS : LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

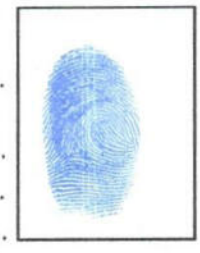
(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74321841

NOMBRES Y APELLIDOS : LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA

FECHA : 12/05/2025



02

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA,
bachiller de la Escuela Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI N°... 74321841, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA)- 2023

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 12 de Mayo del 2025



Huella digital

Nombres y Apellidos: LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA
DNI: 74321841

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Lidia Marleni COAQUERA ZANGA
Título del ejercicio:	TESIS FINAL DESPUES DE LA SUSTENTACION
Título de la entrega:	TESIS COAQUERA ZANGA & YUCRA OQUENDO.pdf
Nombre del archivo:	TESIS_COAQUERA_ZANGA_YUCRA_OQUENDO.pdf
Tamaño del archivo:	12.3M
Total páginas:	219
Total de palabras:	48,796
Total de caracteres:	271,010
Fecha de entrega:	20-mar.-2025 09:05p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2620607450



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) - 2023

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA

Bach. YAMILET MEDALYN YUCRA OQUENDO

ASESOR:

Dr. HEBERT HERNÁN SOTO GONZALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA - PERÚ

2024

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Lidia Marleni COAQUERA ZANGA

TESIS COAQUERA ZANGA & YUCRA OQUENDO.pdf

TESIS FINAL DESPUES DE LA SUSTENTACION

TESIS DE LIDIA

Universidad Nacional de Moquegua

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3189583651

Fecha de entrega
20 mar 2025, 9:04 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
20 mar 2025, 9:08 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS_COAQUERA_ZANGA_YUCRA_OQUENDO.pdf

Tamaño de archivo
12.3 MB

219 Páginas

48.796 Palabras

271.010 Caracteres

1% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Exclusions

- 1 Excluded Source

Top Sources

0% Internet sources
1% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

0% Internet sources
1% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1 Publication

Alzamora de los Godos Urcia, Luis Alex. "Factores de riesgo relacionados a la mue... **<1%**

2 Publication

ERM PERU S.A.. "EIA del Proyecto de Perforación de Pozos Exploratorios, Pozos de ... **<1%**

3 Internet

doczz.net **<1%**

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 359-2025-CU-UNAM

Moquegua, 26 de mayo de 2025

VISTOS:

El Proveído N° 1880-2025 de fecha 19 de mayo de 2025 emitido por el Rectorado, el Informe N° 204-2025-UNAM-R/SG de fecha 19 de mayo de 2025, el Informe Técnico N° 058-2025-UNAM/SEGE/GYT de fecha 19 de mayo de 2025 emitidos por el Secretario General de la UNAM, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 016-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de mayo de 2025, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8° de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley N° 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 14° del Estatuto de la UNAM, aprobado bajo Resolución N° 578-2021-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 9, del artículo 16 del Estatuto de la UNAM;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley N° 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 18 y numeral 2 del artículo 20° del Estatuto de la UNAM;

Que, mediante Informe Técnico N° 058-2025-UNAM/SEGE/GYT e Informe N° 204-2025-UNAM-R/SG de fecha 19 de mayo de 2025, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado tres (03) expedientes para el trámite de título profesional de Ingeniero Ambiental de las bachilleres: YUCRA OQUENDO, YAMILET MEDALYN; MARCA CHACAPACHA, STEFANY ALEJANDRA y COAQUERA ZANGA, LIDIA MARLENI de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes se encuentran aptas para la expedición del título profesional de Ingeniero Ambiental, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos y la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental; razón por la cual, el señor Secretario General incluye dicho expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 26 de mayo de 2025;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 016-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de mayo de 2025, emitió, el siguiente, Acuerdo; POR UNANIMIDAD; CONFERIR, a nombre de la Nación el título profesional de Ingeniero Ambiental por la modalidad de sustentación de tesis a tres (03) bachilleres: YUCRA OQUENDO, YAMILET MEDALYN; MARCA CHACAPACHA, STEFANY ALEJANDRA y COAQUERA ZANGA, LIDIA MARLENI de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220-Ley Universitaria, el Estatuto de la UNAM, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 359-2025-CU-UNAM

Moquegua, 26 de mayo de 2025

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220-Ley Universitaria, el Estatuto de la UNAM, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a los bachilleres

- **YAMILET MEDALYN YUCRA OQUENDO**
  TESIS : **"DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCION DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) – 2023"** cuyo Asesor fue el Dr. Hebert Hernan Soto Gonzales
- **LIDIA MARLENI COAQUERA ZANGA**
  TESIS: **"DESARROLLO DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO MICROBIANO SUSTENTABLE PARA LA REDUCCION DE CARGA MICROBIANA PATÓGENA DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PTAR OMO (MOQUEGUA) – 2023"** cuyo Asesor fue el Dr. Hebert Hernan Soto Gonzales
- **STEFANY ALEJANDRA MARCA CHACAPACHA**
  TESIS: **"DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PERSONAL Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE PESCADORES ARTESANALES DE RECURSOS BENTÓNICOS EN PUNTA COLES, MOQUEGUA - PERU"** cuyo Asesor fue el Dr Hebert Hernan Soto Gonzales

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria – SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE, Y CÚMPLASE;

ABOG. EDGAR PINTO HUANCAVILCA
SECRETARIO GENERAL

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA
VRI
OAJ
FACIA
FACCAD
FACISA
OEP
DIGA
OTI
c.c. Arch.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe