



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**CAPTURA, IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ACCIÓN  
DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS NATIVOS Y EM-1 EN LA  
TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL  
ALTIPLANO DE PUNO**

**TÉSIS**

**PRESENTADO POR:**

**LEONIDAS SANTIAGO RAMOS SURCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# LEONIDAS SANTIAGO RAMOS SURCO

## CAPTURA, IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS NATIVOS Y EM-1 EN LA ...

Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

tr:oid::8254:416561171

126 Páginas

Fecha de entrega

16 dic 2024, 10:21 a.m. GMT-5

22,773 Palabras

Fecha de descarga

16 dic 2024, 10:27 a.m. GMT-5

124,659 Caracteres

Nombre de archivo

PROYECTO para repositorio2SANTIAGO TESIS.pdf

Tamaño de archivo

4,5 MB

Dr. Cs. LUISA PALAO TURREGUIL  
ING. AGRÓNOMO  
C.I.P. - 18776

Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.  
Cod. 82081 CIP: 24042





## 7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
24 caracteres sospechosos en N.º de página  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

  
Dr. LUIS A. PÉREZ TORRECILLO  
ING. AGRÓNOMO  
C.I.P. - 18776

  
Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.  
Cod. 62081 CIP: 24042





## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi padre que está en los cielos, a mi madre que con su amor, apoyo y aliento en todo momento es el soporte fundamental para lograr este objetivo, a mis hermanos que confiaron en mí en todo este proceso, a mis docentes que con su sabiduría brindaron su conocimiento y experiencia para mi formación como profesional, a mi escuela profesional que en sus aulas aprendimos las enseñanzas de nuestros docentes y que fue como un segundo hogar.

Leónidas Santiago Ramos Surco



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por sobre todas las cosas por que fue mi guía espiritual.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, escuela profesional de Ingeniería Agronómica por haberme brindado todos los conocimientos en las aulas universitarias.

Agradecer a mi director de tesis Dr. Luis Alfredo palao Iturregui, por su orientación, guía y apoyo para la realización del presente trabajo de investigación, por sus sugerencias y correcciones para poder realizar un buen trabajo.

Agradecer a mi Co-asesor Dr. Alberto Ccama Sulca que muy amablemente me brindo sus concejos, enseñanza, sugerencias para la mejora de este trabajo de investigación pues con sus conocimientos en microbiología, me permitió obtener datos valiosos en los objetivos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Leónidas Santiago Ramos Surco



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
1.1.1 Objetivo general .....	20
1.1.2 Objetivos específicos:.....	21
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>22</b>
2.1.1 La situación internacional .....	25
2.1.2 A nivel nacional,.....	25
2.1.3 A nivel regional y local .....	25
<b>2.2 MARCO TEORICO .....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Bosques .....	26
2.2.2 Bofedal .....	27



2.2.3	Pastizales .....	28
<b>2.3</b>	<b>SUELO .....</b>	<b>28</b>
2.3.1	Definición de suelo.....	28
2.3.1.1	Suelo vivo.....	28
2.3.1.2	Microorganismos del suelo.....	29
2.3.1.3	Metabolismo y biosíntesis microbiana del suelo.....	30
<b>2.4</b>	<b>MICROORGANISMOS.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5</b>	<b>TECNOLOGÍA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM-1) .....</b>	<b>31</b>
2.5.1	Tipos de microorganismos .....	32
2.5.1.1	Bacterias.....	32
2.5.1.2	Arqueas .....	32
2.5.1.3	Protozoos.....	33
2.5.1.4	Virus.....	33
2.5.1.5	Nematodos.....	33
2.5.1.6	Actinomicetos .....	34
2.5.1.7	Hongos .....	34
2.5.1.8	Microorganismos saprofitos.....	35
2.5.1.9	Microorganismos extremófilos .....	35
2.5.1.10	Microorganismos patógenos .....	36
2.5.1.11	Microorganismos fijadores de nitrógeno.....	37
2.5.1.12	Microorganismos que transforman el fósforo.....	37
2.5.1.13	Microorganismos que transportan azufre.....	37
2.5.1.14	Microorganismo que movilizan potasio.....	37
2.5.1.15	Micorrizas .....	38



<b>2.6</b>	<b>PRINCIPALES MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM-1) Y SUS ACCIONES.....</b>	<b>38</b>
2.6.1	Bacterias fotosintéticas.....	38
2.6.2	Bacterias ácido lácticas .....	39
2.6.3	Levaduras .....	39
2.6.4	Actinomicetos.....	39
2.6.5	Hongos de fermentación.....	40
<b>2.7</b>	<b>APLICACIONES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES .....</b>	<b>40</b>
2.7.1	Aplicaciones en la agricultura .....	40
2.7.2	En semilleros .....	41
2.7.3	En suelos.....	41
2.7.4	En producción animal.....	42
<b>2.8</b>	<b>RESIDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>42</b>
2.8.1	Los residuos sólidos en el Perú .....	43
2.8.2	Tratamiento de residuos sólidos.....	43
2.8.3	Materia orgánica.....	43
2.8.4	Descomposición de la materia orgánica .....	44
2.8.4.1	Proceso anaeróbico .....	44
2.8.4.2	Proceso aeróbico .....	45
2.8.5	Bokashi.....	45
2.8.6	Compost.....	45
2.8.7	Humus de lombrices .....	46
2.8.8	El biól .....	46



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>47</b>
3.1.1	Localización de zonas de captura de microorganismos .....	47
3.1.2	Lugar elaboración de compost con microorganismos nativos .....	49
<b>3.2</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3</b>	<b>EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS .....</b>	<b>50</b>
3.3.1	Materiales .....	50
3.3.2	Equipos.....	51
3.3.3	Reactivos .....	51
3.3.4	Materiales para trabajo de gabinete.....	52
<b>3.4</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>3.5</b>	<b>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>54</b>
3.5.1	Captura e identificación.....	54
3.5.1.1	Técnica de captura.....	54
3.5.1.2	Preparación de medios de captura.....	55
3.5.1.3	Fase de campo.....	56
3.5.1.4	Cosecha de microorganismos.....	57
3.5.1.5	Fase de laboratorio .....	58
3.5.1.6	Preparación de <i>Lactobacillus</i> MSR Agar .....	58
3.5.1.7	Inoculación de las muestras de microorganismos.....	59
3.5.1.8	Tinción Gram .....	60
3.5.2	Validación .....	62
3.5.2.1	Recolección de residuos sólidos orgánicos.....	62



3.5.2.2 Preparación de los tratamientos para la elaboración de compost .....	62
3.5.2.3 Análisis de los datos obtenidos en laboratorio .....	63

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1 RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>64</b>
4.1.1 Observaciones preliminares de las trampas de cada muestra, antes de realizar la inoculación a los caldos de cultivo.....	64
4.1.1.1 Colores .....	64
4.1.1.2 Emisión de gases.....	65
4.1.2 Identificación e inoculación preliminar de los microorganismos eficientes autóctonos.....	65
4.1.3 Elección de muestras para el repique y purificación de muestras .....	66
4.1.4 Tinción Gram .....	66
RESULTADOS DE LA CAPTURA E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS .....	67
4.2.1 Identificación de microorganismos aislados .....	67
4.2.1.1 Las bacterias ácido lácticas (BAL).....	67
4.2.1.2 Levaduras .....	70
4.2.1.3 Hongos fermentadores .....	71
4.2.1.4 Actinomicetos .....	72
4.2.1.5 Bacterias de vida libre.....	75
4.2.2 Análisis estadístico para saber cuál es el mejor sustrato para la captura de microorganismos .....	76
4.2.3 Unidades formadoras de colonias.....	78
<b>4.3 VALIDACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS NATIVOS.....</b>	<b>79</b>



4.3.1	Aplicación y validación de la aplicación de microorganismos nativos del altiplano.....	79
4.3.1.1	Recolección de residuos orgánicos urbanos.....	79
4.3.1.2	Preparación de los tratamientos para la aplicación de los microorganismos eficientes nativos del altiplano .....	80
4.3.1.3	Temperatura .....	82
4.3.1.4	Humedad .....	85
4.3.1.5	Olor .....	89
4.3.1.6	Color.....	90
4.3.1.7	Otras observaciones .....	91
4.3.2	Resultado de análisis fisicoquímico del compost.....	92
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>97</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>106</b>

**ÁREA:** Ciencias Agrícolas.

**TEMA:** Cambio climático y agricultura

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 17 DE DICIEMBRE DEL 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla1</b> Tinción Gram para muestras seleccionadas .....	66
<b>Tabla2</b> Cuadro de observaciones.....	76
<b>Tabla3</b> Análisis de varianza de los sustratos de captura .....	77
<b>Tabla4</b> Resultados test de Tukey.....	78
<b>Tabla5</b> Generación de residuos sólidos de 2 familias de la ciudad de Puno.....	79
<b>Tabla6</b> Generación per cápita por familia.....	80
<b>Tabla7</b> Análisis de varianza de la temperatura en los tratamientos .....	84
<b>Tabla8</b> Prueba de Tukey para la temperatura.....	85
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para la humedad.....	88
<b>Tabla 10</b> Test de Tukey para la humedad.....	89
<b>Tabla 11</b> Cuadro de olores registrados en 5 fechas .....	90
<b>Tabla 12</b> Parámetros requeridos por la NTP 201.208.2021, FAO y OMS.....	92
<b>Tabla 13</b> Parámetros fisicoquímicos de las muestras de compost.....	93
<b>Tabla 14</b> Análisis de varianza para los tratamientos de compost.....	93
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza con ajuste para los tratamientos de compost.....	94
<b>Tabla 16</b> Test de Tukey para el análisis de parámetros del compost .....	94



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Tipos de ambientes extremos de los microorganismos extremófilos .....	36
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica para toma de muestra de pastizal.....	47
<b>Figura 3</b> Ubicación geográfica para toma de muestra de bofedal.....	48
<b>Figura 4</b> Ubicación geográfica para toma de muestra de bosque .....	48
<b>Figura 5</b> Ubicación geográfica del laboratorio de microbiología .....	49
<b>Figura 6</b> Ubicación geográfica donde se elaboró el compost .....	50
<b>Figura 7</b> Tratamientos y repeticiones de los substratos de captura.....	53
<b>Figura 8</b> Aplicación de microorganismos en los tratamientos y repeticiones.....	54
<b>Figura 9</b> Preparación de medios de captura .....	56
<b>Figura 10</b> Puntos de captura de los tres ecosistemas .....	57
<b>Figura11</b> Muestras de substratos de cebada, trigo y arroz en laboratorio.....	57
<b>Figura12</b> Preparación de Agar <i>Lactobacillus</i> Agar .....	58
<b>Figura13</b> Inoculación de los microorganismos en un caldo MRS .....	59
<b>Figura 14</b> Repique de muestras en Agar nutritivo MRS en placas Petri.....	60
<b>Figura 15</b> Tinción Gram y observación en el microscopio.....	61
<b>Figura 16</b> <i>Lactobacillus acidophilus</i> .....	68
<b>Figura 17</b> <i>Lactococcus lactis</i> .....	69
<b>Figura 18</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	70
<b>Figura 19</b> <i>Aspergillus oryzae</i> .....	72
<b>Figura 20</b> <i>Streptomyces griseus</i> .....	73
<b>Figura21</b> <i>Streptomyces albus</i> .....	74
<b>Figura 22</b> <i>Bacillus subtilis</i> .....	75
<b>Figura 23</b> Preparación de la prueba en blanco .....	80



<b>Figura 24</b>	Preparación del compost.....	81
<b>Figura 25</b>	Toma de datos de la temperatura.....	82
<b>Figura 26</b>	Fases de elaboración del compost .....	83
<b>Figura 27</b>	Variación de la temperatura en el tiempo en Cuenca-Ecuador.....	84
<b>Figura 28</b>	Homogeneidad de temperaturas entre los tratamientos .....	85
<b>Figura 29</b>	Control de humedad con un termohigrómetro.....	86
<b>Figura 30</b>	Variación de la humedad en el tiempo .....	87
<b>Figura 31</b>	Variación de la humedad en el tiempo en Cuenca-Ecuador.....	88
<b>Figura 32</b>	Homogeneidad de la humedad entre los tratamientos.....	89
<b>Figura 33</b>	Cambio de color del compost en el tiempo .....	91
<b>Figura 34</b>	Diferencias significativas entre tratamientos.....	95



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Muestra de pastizal .....	106
<b>ANEXO 2</b> Muestra bofedal .....	106
<b>ANEXO 3</b> Muestra de bosque .....	107
<b>ANEXO 4</b> Emisión de gases.....	107
<b>ANEXO 5</b> Formas de los microorganismos .....	108
<b>ANEXO 6</b> Tinción Gram de las muestras seleccionadas .....	109
<b>ANEXO 7</b> Cuadro de datos para realizar el análisis de varianza de los sustratos.....	114
<b>ANEXO 8</b> Cuadro de datos para el análisis estadístico de la temperatura .....	116
<b>ANEXO 9</b> Análisis estadístico de la humedad .....	118
<b>ANEXO 10</b> Datos para análisis estadístico de los compostajes .....	120
<b>ANEXO 11</b> Unidades formadoras de colonias.....	122
<b>ANEXO 12</b> Parámetros de análisis de compost en laboratorio.....	123
<b>ANEXO 13</b> Análisis de laboratorio de las unidades de formación de colonias .....	124
<b>ANEXO 14</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	125
<b>ANEXO 15</b> Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional .....	126



## ACRÓNIMOS

DBCA:	Diagrama De Bloques Completamente Al Azar
EM:	Microorganismos Eficaces
FAO:	Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación
INACAL:	Instituto Nacional De Calidad
M.O.:	Materia Orgánica
MBN:	Microorganismos Benéficos Nativos
MRS:	Man-Rogosa-Sharpe
NTP:	Normas Técnica Peruana
PDA:	Potato Dextrose Agar
OMS:	Organización Mundial de la Salud
UFC:	Unidades Formadoras de Colonias



## RESUMEN

Se evaluó la captura, identificación y validación de los microorganismos benéficos nativos del altiplano de Puno, el primer objetivo fue la captura e identificación, se realizó las capturas con tres sustratos, arroz, cebada y trigo, los cuales se llevaron a tres ecosistemas, pastizal, bofedal y bosque; luego se llevó a laboratorio donde se identificaron de acuerdo a su color, emisión de gases, forma, tinción Gram. Los microorganismos identificados son: ecosistema bosque, *Lactobacillus acidophilus*, *Aspergillus oryzae* y *Streptomyces griseus*, ecosistema pastizal *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis* y *Bacillus subtilis* y ecosistema bofedal *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Streptomyces albus*, el mejor sustrato de captura fue el arroz, con una media diferencial de 5.75, seguido por la cebada con 4.75 y por último el trigo con 4.08. El segundo objetivo, validación de la eficacia en la descomposición, se aplicó los microorganismos en residuos sólidos. La elaboración del compost se realizó en 60 días, controlando la temperatura y humedad cada dos días; los resultados de laboratorio muestran que el N, K y M.O. de cada tratamiento, no cumplen con los parámetros de las NTP y la FAO ya que el máximo permitido es 1.5% de nitrógeno, 1.5% en el potasio y M.O. mayor al 20%; ya que en todos los tratamientos variaron de 1.85% a 2.12% en nitrógeno, en potasio variaron de 1.82% a 2.1% y de la M.O. de 37.14% a 42.54%; el resultado indica que el compost está en proceso de degradación y estabilización, con estándares de la OMS cumplen todos los parámetros, el nitrógeno es 3.5%, para el potasio 1.8% y la M.O. el 30%; concluimos que los microorganismos de bosque se acercan a los parámetros requeridos para una degradación rápida de M.O. seguida de la mezcla de microorganismos, bofedal, EM-1 y pastizal.

**Palabras clave:** Captura, Identificación, Microorganismos Benéficos, Validación.



## ABSTRACT

The capture, identification and validation of the beneficial microorganisms native to the Puno highlands was evaluated. The first objective was the capture and identification. The captures were carried out with three substrates, rice, barley and wheat, which were taken to three ecosystems, grassland, wetlands and forest; Then it was taken to the laboratory where they were identified according to their color, gas emission, shape, and Gram stain. The microorganisms identified are: forest ecosystem, *Lactobacillus acidophilus*, *Aspergillus oryzae* and *Streptomyces griseus*, grassland ecosystem *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis* and *Bacillus subtilis* and bofedal ecosystem *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Streptomyces albus*, the best capture substrate was rice, with an average differential of 5.75, followed by barley with 4.75 and finally wheat with 4.08. The second objective, validation of the decomposition efficiency, was applied to microorganisms in solid waste. The preparation of the compost was carried out in 60 days, controlling the temperature and humidity every two days; Laboratory results show N, K and M.O. of each treatment, do not comply with the parameters of the NTP and the FAO since the maximum allowed is 1.5% of nitrogen, 1.5% of potassium and M.O. greater than 20%; since in all treatments they varied from 1.85% to 2.12% in nitrogen, in potassium they varied from 1.82% to 2.1% and from the M.O. from 37.14% to 42.54%; The result indicates that the compost is in the process of degradation and stabilization, with OMS standards it meets all parameters, nitrogen is 3.5%, potassium 1.8% and M.O. 30%; it conclude that forest microorganisms approach the parameters required for rapid degradation of M.O. followed by the mixture of microorganisms, wetlands, EM-1 and grassland.

**Keywords:** Capture, Beneficial Microorganisms, Identification, Validation.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la región altiplánica de Puno las investigaciones son escasas sobre el aislamiento e identificación de especies de microorganismos como son las bacterias, levaduras y hongos existentes y que tienen acciones benéficas en la transformación de la materia orgánica. Las relaciones entre la dinámica del manejo de suelo y los microorganismos brindan información sobre la diversidad y distribución en el suelo para comprender la importancia del papel de los microorganismos en el mantenimiento y restauración de la fertilidad del suelo (Triana, 2019).

Uno de los mayores problemas en la agricultura es la falta de conocimientos por una deficiente asistencia técnica de cómo se debe desarrollar un trabajo con microorganismos benéficos nativos, así como también saber cuáles son las ventajas y/o desventajas en su uso (Condori, 2020).

Los microorganismos se encuentran en todas partes, y gracias a su naturaleza se adaptan y desempeñan un papel fundamental en la transformación de la materia orgánica de nuestro planeta para el sustento de la vida, los microorganismos se usan en diferentes sectores como las farmacéuticas, el campo agrícola, los alimentos, entre otros, por eso es crucial conocer e identificar y validar la acción de los microorganismos nativos para conocer su eficacia (Carrasco et al., 2020).

El uso indiscriminado de pesticidas en los cultivos causa muchos problemas; los suelos se están empobreciendo a causa de que los microorganismos nativos se están perdiendo, por lo tanto, no hay transformación de la materia orgánica, además de que las plagas se han vuelto resistentes, debido al mal uso de pesticidas y lo más preocupante es



que estos pesticidas presentes en productos agrícolas están causando problemas en la salud de las personas (Albarracín, 2019).

Delgado (2023), la materia orgánica existente en el suelo, actúa principalmente para el desarrollo de los microorganismos, los cuales tienen un rol crucial en las características biológicas y fisicoquímicas del suelo, los parámetros importantes que intervienen en el suelo son la clase de nutrientes, humedad, temperatura, oxigenación entre otros, que resultan esenciales para la supervivencia y expansión de los microorganismos.

El presente trabajo de investigación consistió como primer objetivo capturar, identificar y validar la acción de los microorganismos benéficos nativos y microorganismos eficaces comerciales (EM-1) en la transformación de la materia orgánica, para el cual se realizó como primera etapa la captura de microorganismos nativos de tres ecosistemas: pastizal, bofedal y bosque los cuales fueron llevados a laboratorio para su observación y su posterior identificación; en el segundo objetivo se usó los microorganismos hallados en la elaboración de compost en el cual se determinó la acción benéfica en la degradación de la materia orgánica a comparación de los microorganismos comerciales (EM-1); los conocimientos obtenidos en este trabajo serán para el uso en la mejora de suelos, en la agricultura, entre otros usos potenciales.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Capturar, identificar y validar la acción de microorganismos benéficos nativos del altiplano de Puno, para transformar la materia orgánica.



### 1.1.2 Objetivos específicos:

- Capturar e identificar microorganismos benéficos nativos del altiplano de Puno en los ecosistemas bofedal, bosque y pastizal.
- Validar la eficacia en la transformación de materia orgánica por los microorganismos benéficos nativos del altiplano de Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

La composición y estructura de la materia orgánica es el resultado de la descomposición de animales y plantas para convertirse en sustrato para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y este se altera por los fertilizantes químicos, además la materia orgánica sirve como fuente de carbono y nitrógeno para los microorganismos los cuales convierten esta biomasa microbiana el cual aporta estabilidad química y biológica al suelo, lo que a su vez contribuye a la fijación de micro y macro elementos que estarán a disposición de las plantas (Murillo et al., 2019).

El suelo vincula la relación entre los seres vivos y no vivos y es esencial para la nutrición vegetal y animal, los microelementos y macroelementos son absorbidas por las raíces de las plantas, agua, dióxido de carbono, N, P, K, Ca, Mg, B, Zinc, azufre, que son nutrientes esenciales para las plantas además en el suelo se realizan los ciclos biogeoquímicos (Aguirre et al., 2022).

Los microorganismos eficaces ha mostrado efectos positivos en el tratamiento de aguas residuales, reducción de olores, producción de alimentos libres de pesticidas y manejo de desechos sólidos y líquidos de la producción agrícola, industria alimentaria, fábricas de papel, mataderos, entre otros (Tanya & Leiva, 2019).

El EM-1 consiste en una combinación de microorganismos benéficos que contienen los géneros *Lactobacillus*, *Saccharomices* y *Rhodopseudomonas* y se puede aplicar como inoculante para aumentar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Las investigaciones han demostrado que la inoculación de cultivos EM-1 en el



suelo/planta puede mejorar la calidad del suelo, salud, crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (Gonzales & Quispe, 2020).

El método tradicional utilizado para capturar y propagar los tres microorganismos eficaces nativos *Bacillus*, *Trichoderma* y levadura fue suficiente porque se obtuvieron de manera óptima las especies de microorganismos deseadas y se logró su propagación para obtener una solución adecuada para su estudio (Vélez, 2023).

La fertilización con microorganismos eficaces aumenta el número de hojas de cualquier cultivo, ayudando a prevenir la pérdida de agua en las plantas (Vélez, 2023)

La actividad microbiana es casi inexistente en los suelos degradados por el abuso de productos químicos agrícolas, mientras que la fauna y la flora microbianas que se encuentran en los suelos fértiles son responsables de regular los procesos de intercambio entre el suelo y las plantas. las ventajas de los microorganismos pueden utilizarse según el enfoque de la agricultura orgánica para acelerar el proceso de transición desde el suelo degradado hasta que se restablezca el equilibrio biológico del suelo (Vega et al., 2021)

El EM-1 hace que la materia orgánica se descomponga rápidamente mediante la fermentación en lugar de pudrirse, estos al entrar en contacto con la materia orgánica, producen sustancias como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, antioxidantes además de producir una descomposición de la materia orgánica de forma más rápida (Salvatierra, 2022).

Los microorganismos observados fueron altas concentraciones de bacterias ácido lácticas, cuyas características morfológicas variaron según los diferentes tratamientos, de color blanco, amarillo, verdoso y blanco grisáceo; la mayoría de ellos eran redondos y tenían superficie convexa (Triana, 2019)



Condori (2020), en Bolivia, en la tesis “*utilización de cuatro sustratos para la captura de microorganismos eficientes autóctonos de montaña en una zona protegida en la parroquia Patricia Pilar año 2019*” A nivel de laboratorio se evaluaron las variables características morfológicas, las concentraciones de los microorganismos más abundantes en los sustratos y se realizó un análisis económico.

Guzman (2021), en Colombia, realizó el” *Análisis de la eficiencia de los microorganismos de montaña en el cultivo de repollo (**Brassica oleracea** var. **Capitata**) en la vereda de Soagá, finca los Pinos (Ubaté-Cundinamarca)*” El uso de técnicas de captura de microorganismos de montaña es posible para los agricultores como una herramienta de gestión de la producción económica y rentable, debido a que el microorganismo de montaña tiene muchas ventajas que mejoran las propiedades físico-químicas del suelo, optimizan el desarrollo de las plantas y aseguran una alta productividad y calidad de la cosecha. no sólo para los cultivos, pero también para los productores agrícolas y desde el punto de vista económico y sanitario de los consumidores. El propósito del uso de microorganismos de montaña es reducir el uso de agroquímicos en la agricultura y así reducir el impacto sobre los recursos naturales y así promover buenas prácticas agrícolas y la protección del medio ambiente.

En la tesis de Enríquez & Viera (2010), “*Caracterización preliminar de aislamiento de Microorganismos, mediante la técnica de EM-1, a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes*” Un papel fundamental en la diversidad biológica que se encuentra en nuestros suelos; es que en estos conviven numerosos tipos organismos microscópicos como bacterias y hongos, que pueden ofrecer grandes beneficios a la Agricultura; pues estos contribuyen a la formación



del suelo y que participan en la degradación de la materia orgánica y en los ciclos de elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, entre otros.

### **2.1.1 La situación internacional**

Es preocupante pues el uso indiscriminado de pesticidas en los cultivos causa muchos problemas; los suelos se están empobreciendo a causa de que los microorganismos nativos se están perdiendo, por lo tanto, no hay transformación de la materia orgánica, además de que las plagas se han vuelto resistentes, debido al mal uso de pesticidas y lo más preocupante es que estos pesticidas presentes en productos agrícolas están causando problemas en la salud de las personas (Albarracín, 2019).

### **2.1.2 A nivel nacional,**

Uno de los mayores problemas en la agricultura es la falta de conocimientos por una deficiente asistencia técnica de cómo se debe desarrollar un trabajo con microorganismos benéficos nativos, así como también saber cuáles son las ventajas y/o desventajas en su uso (Condori, 2020).

### **2.1.3 A nivel regional y local**

Las investigaciones son pocas sobre el aislamiento e identificación de especies de microorganismos como son las bacterias y hongos existentes en el altiplano de Puno y que tienen acciones benéficas en la transformación de la materia orgánica. Las relaciones entre la dinámica del manejo de suelo y los microorganismos son los que brindan información sobre la diversidad y distribución en el suelo para comprender la importancia del papel de los



microorganismos en el mantenimiento y restauración de la fertilidad del suelo (Triana, 2019).

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Bosques**

Según la red de expertos del Foro Económico Mundial, la humanidad tiene una conexión profunda con los bosques. La vida de mil millones de individuos se ve afectada por la existencia de áreas boscosas las cuales tienen un rol crucial al absorber y almacenar carbono, brindando alimentos, agua, productos de madera y medicinas esenciales, además de mantener una gran parte de la biodiversidad global. Por otro lado, la acción de deforestar, degradar y fragmentar reduce la capacidad de los bosques para proveer servicios ecosistémicos como la limpieza del aire y la regulación del clima, entre otras funciones (Ipinza et al., 2021).

En el lugar de bosques, mencionamos "selvas de montaña" (que incluyen selvas de niebla o nuboselva) para abarcar no solo la parte forestal sino también la variedad de otros grupos de plantas: arbustos, hierbas, rastreras, enredaderas, epífitas, así como otros organismos como hongos, bacterias, líquenes, algas y micorrizas, que complementan el ecosistema forestal, junto con todos los animales y las condiciones minerales, del suelo, del agua, del aire y sus interacciones en el paisaje Tropical Andino y las relaciones con la cultura que se beneficia de ellos. Es por eso que conservamos la terminología ecológica de selvas de montaña (Sarmiento & Sarmiento, 2021).



### 2.2.2 Bofedal

Una particularidad de los bofedales es que cuentan con un suelo que contiene una cantidad elevada de materia orgánica. El almacenamiento de material orgánico es posible gracias a la saturación del suelo, lo cual crea áreas anóxicas que ralentizan el proceso de descomposición. En estos hábitats, la velocidad de crecimiento de las plantas suele ser mayor que la velocidad de descomposición. También se ha descubierto que hay una correspondencia directa entre la cantidad de material orgánico y el nivel de humedad; esto quiere decir que un alto nivel de material orgánico en el suelo incrementa su capacidad para retener agua en sus poros. La estabilidad del flujo hídrico delinea dos límites claramente distinguibles en este suelo específico, que son acrotelmo y catotelmo. El acrotelmo es la capa superior y su límite inferior coincide con el nivel más bajo del nivel freático. En este estrato se llevan a cabo diversos procedimientos como la descomposición aeróbica de sustancias orgánicas, la emisión de dióxido de carbono y la transferencia activa de nutrientes. El catotelmo está asociado con el estrato inferior. La capa está saturada de forma permanente y tiene poco oxígeno, lo que lleva a que la descomposición sea anaeróbica en esta capa (Baldoce et al., 2022).

Los bofedales realizan diversas funciones:

Producen continuamente forraje para alimentar a los camélidos; debido a la característica predominante de constantes inundaciones en los terrenos presentan una mayor acumulación de humus y materia orgánica; en general los humedales son de alta calidad porque provienen de ríos o manantiales; la presencia de humedales afecta el microclima circundante; la vegetación cubre y protege los



suelos de la erosión provocada por las fuertes lluvias y es el hábitat natural de flora y fauna silvestres (Javier et al., 2021).

### **2.2.3 Pastizales**

Los pastos pueden absorber hasta 0,6 gigatoneladas de carbono por hectárea al año, lo que ayuda a mitigar el cambio climático. El ciclo de nutrientes en los pastos facilita el almacenamiento de carbono en el suelo. El 90% de la biomasa de las especies de pastizales son subterráneas. Las tasas de almacenamiento de biomasa son altas y la descomposición es lenta debido a la meteorización. Para la gestión del agua, los pastos y hierbas ayudan a que el agua penetre en el suelo y no se pierda por escorrentía, y lo más importante es que la cubierta creada por los pastos protege el suelo de la erosión, reteniendo la humedad (Valverde et al., 2022).

Cubre más de una cuarta parte de la superficie de la tierra, es un ecosistema dinámico que puede alcanzar un estado de equilibrio en el que la producción y consumo se equilibran entre sí en estas condiciones adversas causadas por los pastoreos ya sea por exceso o falta de ellos. En el segundo caso, la falta de pastoreo del ganado conduce a una baja producción de semillas de especies de pastoreo debido a la competencia entre especies o para mantener las plantas y toda su fitomasa aérea (Siota et al., 2021).

## **2.3 SUELO**

### **2.3.1 Definición de suelo**

#### **2.3.1.1 Suelo vivo**

Sarmiento (2022), nos dice que, es evidente, particularmente para



los expertos en biología del suelo, un interés creciente de la sociedad en su totalidad, y especialmente de aquellos vinculados con la agricultura y la ganadería, en torno a la biología del suelo. La biología, biota y biodiversidad son conceptos empleados en campos muy variados y con diversas metas. Aunque hay variaciones entre los tres, podemos suponer que todos los organismos, desde los más diminutos como las bacterias, levaduras, hongos y nematodos, hasta los más grandes como los insectos, los cuales residen en un terreno específico de los suelos.

### **2.3.1.2 Microorganismos del suelo**

Según Rosabal et al. (2021), definen que el suelo es un sistema intrincado y dinámico que acoge una amplia biodiversidad; constituyendo el lugar de varios procesos biogeoquímicos esenciales para la existencia. Los microorganismos, pequeños y numerosos en esta red de interacciones, son los protagonistas que preservan el balance ecológico de este ecosistema. La microbiota del suelo propicia procesos fundamentales que propician la secuencia natural del flujo de elementos, que incluyen: a) la degradación de los componentes orgánicos; b) la reciclabilidad de elementos nutritivos como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el carbono (C); c) la suplementación de vegetales.

Además Venegas & Mestre (2021), nos explica que los microorganismos participan en la conversión de la materia orgánica y en la formación del ciclo de elementos como el nitrógeno (N), azufre (S), fósforo (P) y hierro (Fe). Estos componentes son sustancias nutritivas que contribuyen a la fertilidad del terreno y son empleados por la flora y fauna



para desempeñar sus funciones esenciales. Adicionalmente, los microorganismos actúan entre ellos creando comunidades específicas que mantienen una relación estrecha con las plantas, los cuales forman relaciones beneficiosas que fomentan su desarrollo o ser dañinas, como sucede con los patógenos en la flora.

El suelo vincula la relación entre los seres vivos y no vivos y es esencial para la nutrición vegetal y animal, los microelementos y macroelementos son absorbidas por las raíces de las plantas, agua, dióxido de carbono, N, P, K, Ca, Mg, B, Zinc, azufre, que son nutrientes esenciales para las plantas además en el suelo se realizan los ciclos biogeoquímicos (Aguirre et al., 2022).

### **2.3.1.3 Metabolismo y biosíntesis microbiana del suelo**

Diaz (2020), nos dice que el término metabolismo se dijo en el siglo XIX para explicar la actividad celular y los microorganismos en relación a sus procesos bioquímicos. El concepto fue entonces utilizado para caracterizar como se desarrolla un ecosistema, fundamentado en el uso de energía y materiales por las plantas, su consumo por otros seres vivos, su fallecimiento y la transformación de la materia orgánica en el interior del ecosistema.

## **2.4 MICROORGANISMOS**

De acuerdo a Madigan et al. (2015), en el entorno natural, las células de microorganismos habitan en un enlace con otras células. Una población es un conjunto de células que provienen de una única célula materna mediante sucesivas divisiones celulares. El entorno directo donde habita una población de microorganismos es su



hábitat. Las comunidades de células interactúan entre sí en comunidades de microorganismos. La proliferación y variedad de cualquier comunidad de microorganismos está estrictamente regulada por los recursos (alimentos) existentes y por las condiciones (temperatura, pH, presencia o falta de oxígeno, entre otros) predominantes en la comunidad.

Según Alvarez (2018), los microorganismos juegan un rol crucial en los sistemas agrícolas, especialmente como impulsores del crecimiento vegetal, que pueden aprovechar la función de estos pequeños aliados invisibles; colaborar con estos diminutos aliados es un enlace esencial para la red de vida.

## 2.5 TECNOLOGÍA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM-1)

Los investigadores Gonzales & Quispe (2020), definen que el EM-1 es una combinación de microorganismos benéficos que contienen los géneros *Lactobacillus*, *Saccharomices* y *Rhodopseudomonas*, se puede aplicar como inoculante para aumentar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Las investigaciones han demostrado que la inoculación de cultivos EM en el suelo/planta puede mejorar la calidad del suelo, salud, crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos.

Salvatierra (2022), nos dice que el EM-1 hace que la materia orgánica se descomponga rápidamente mediante la fermentación en lugar de pudrirse, estos al entrar en contacto con la materia orgánica, producen sustancias como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, antioxidantes además de producir una descomposición de la materia orgánica de forma más rápida. El EM-1 ha mostrado efectos positivos en el tratamiento de aguas residuales, reducción de olores, producción de alimentos libres de pesticidas, manejo de desechos sólidos y líquidos de la producción agrícola, industria alimentaria, fábricas de papel, mataderos, entre otros (Tanya & Leiva, 2019).



## 2.5.1 Tipos de microorganismos

Dentro de los principales microorganismos existentes tenemos:

### 2.5.1.1 Bacterias

De Erice & Gonzales (2012), son seres unicelulares y procariotas, lo que significa que su ADN se encuentra en el citoplasma en una región aleatoria conocida como nucleoide. Su reproducción se realiza de forma asexual los cuales muestran plásmidos. Algunas muestran reproducción mediante conjugación, que algunos autores consideran como reproducción sexual. Según su alimentación, pueden clasificarse en: autótrofas (efectúan la fotosíntesis) y heterótrofas (parásitas). Algunas pueden ser anaeróbicas mientras que otras son aerobias.

### 2.5.1.2 Arqueas

En la revista de avance y perspectiva de Salas et al. (2024), los autores conceptúan que las arqueas poseen una forma muy parecida a la de las bacterias. Por un tiempo, se les consideró bacterias generadoras de metano. A diferencia de lo que podríamos sugerir, las arqueas mantienen una relación más estrecha con el dominio Eucaria (que comprende a plantas, hongos y animales), a diferencia de las Bacterias. La estructura de la membrana y pared celular de las arqueas difiere considerablemente de la de las bacterias; las primeras cuentan con una capa externa resistente que les otorga resistencia a entornos extremos. Se supuso que eran extremófilas, dado que se les vinculaba principalmente con fuentes hipotermales, aguas hipersalinas o de alta acidez. No obstante, estos microorganismos, también residen en nuestro organismo.



### 2.5.1.3 Protozoos

Son numerosos en terrenos saludables. Aportan al convertir nutrientes en formas accesibles para las plantas, y simultáneamente, sirven como alimento para otros microorganismos del suelo, además, favorecen a otros macroorganismos como las lombrices, ya que se nutre de bacterias y protozoarios, y simultáneamente libera microorganismos que no son dañinos para las plantas (Condori, 2020).

### 2.5.1.4 Virus

Si bien los virus se encuentran comúnmente muy cerca de organismos vivos, la mayoría de los biólogos no los clasifican como vivos porque carecen de varias características clave de la vida. Por ejemplo, no son células ni están compuestas de células. Además, carecen de la capacidad de realizar de forma independiente tareas fundamentales que normalmente realizan las células vivas. Los virus no poseen ribosomas, necesarios para la síntesis de proteínas, ni tienen citoplasma ni capacidad para sintetizar moléculas orgánicas. Además, no pueden extraer ni utilizar la energía almacenada en estas moléculas. Carecen de membranas propias y no pueden crecer ni reproducirse de forma independiente. Lo simple de los virus parece colocarlos fuera del ámbito de los organismos vivos (Audesirk et al., 2013).

### 2.5.1.5 Nematodos

Audesirk et al. (2013), definen que los gusanos conocidos como Filum *Nematoda*, se encuentran en casi todos los rincones del mundo. Los nematodos, comúnmente conocidos como lombrices o gusanos, se han



establecido con éxito en casi todos los hábitats de la Tierra y son cruciales en la descomposición del material orgánico. Estos nematodos son increíblemente abundantes, un solo vegetal podrido puede contener miles de millones de nematodos y ellos se desarrollan en cada suelo fértil. Además, la mayoría de las especies de flora y fauna sirven de hogar a numerosas especies de nematodos parásitos.

#### **2.5.1.6 Actinomicetos**

Condori (2020), explica que son similares a los hongos y bacterias, se hallan en el suelo, en los estancamientos de agua, lodos y materia orgánica en proceso de descomposición. Se nutren de sustancias orgánicas, desempeñan un papel crucial en la transformación del suelo. Son vistos como los mejores microorganismos existentes del suelo por su eficacia en la generación de sustancias húmicas y mediante sus micelios, unen partículas de suelo. *Streptomyces*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Thermoactinomyces*, *Frankia* y *Actinomyces* son los géneros de actinomicetos más relevantes para la alimentación de los vegetales.

#### **2.5.1.7 Hongos**

Los hongos se componen de filamentos, conocidos como hifas, que se dividen en ramales frecuentemente para crear amplias redes o micelios que se desarrollan en todo tipo de materia orgánica o inorgánica. A pesar de que no se puede percibir visualmente, los micelios son estructuras que se desplazan en la búsqueda de nutrientes, que son modificados a través de la secreción de enzimas a moléculas más simples para luego absorberlos e integrarlos al torrente citoplasmático de las hifas (Heredia-abarca, 2020).



### **2.5.1.8 Microorganismos saprofitos**

Los detritófagos representan un conjunto de seres muy diminutos que pasan desapercibidos, incluyendo algunos ácaros y protistas, nemátodos, lombrices, escolopendras, y ciertos insectos y caracoles. Los detritófagos, al alimentarse de residuos orgánicos, obtienen una porción de la energía acumulada allí y descomponen el resto en fragmentos más reducidos que suministran alimento a otros detritófagos o a los saprófitos. Los saprófitos son hongos y bacterias. Se diferencian de los detritófagos por liberar enzimas digestivas al exterior de su cuerpo; estas enzimas degradan la materia orgánica, facilitando a los saprófitos la absorción de los nutrientes necesarios, mientras que la materia orgánica restante y las partículas pequeñas se liberan al entorno. Los hongos presentes en el pasto o el moho de materiales viejos son saprófitos fúngicos que laboran intensamente, mientras que el limo apestoso en la carne podrida indica la existencia de saprófitos bacterianos (Audesirk et al., 2013).

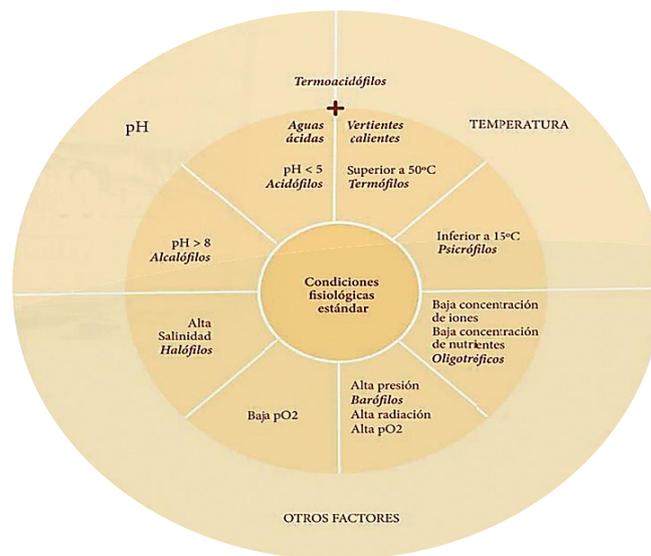
### **2.5.1.9 Microorganismos extremófilos**

Son seres que se desarrollan con éxito en las circunstancias más desfavorables e inimaginables para la vida. El hallazgo de estos seres vivos a mediados de la década de los setenta ha promovido el crecimiento de la biotecnología y ha facilitado una mejor comprensión de los elementos que se desarrollan en un ecosistema. La mayor parte de los extremófilos son microorganismos unicelulares, sin embargo, también se han detectado organismos eucariotas multicelulares capaces de subsistir en entornos extremos y algunos incluso podrían ser considerados extremófilos. Hay

diversas clases de organismos extremófilos que se categorizan en función del entorno en el que habitan. De acuerdo a la Figura 1 con el entorno en el que habitan, podemos distinguir: termófilos, barófilos, oligotróficos, alcalófilos, sicrofilos, halófilos, halotolerantes y acidófilos (UTP, 2021).

**Figura 1**

*Tipos de ambientes extremos de los microorganismos extremófilos*



Nota: Tomado de la revista de la Universidad Tecnológica de Pereira.

### 2.5.1.10 Microorganismos patógenos

Hay microorganismos dañinos que impactan a los seres vivos, causando enfermedades, no obstante, se emplea con eficacia la patogenicidad de ciertos microorganismos para luchar contra insectos que se nutren de cultivos agrícolas. Estos microorganismos son conocidos como entomopatógenos, dado que provocan enfermedades en los insectos mediante infecciones sistémicas y parasitismo, tienen la capacidad de reproducirse como recursos agrícolas para ser liberados en gran escala en cultivos plagados de insectos (Manzanarez, 2022).



#### **2.5.1.11 Microorganismos fijadores de nitrógeno**

Son las bacterias especializadas las que fijan el nitrógeno, así como las cianobacterias y otras bacterias simbióticas de vida libre además de los hongos micorrizas son realizan la fijación de nitrógeno tanto en el suelo como en el agua. Estas bacterias fijadoras utilizan una enzima llamada nitrogenasa con el objetivo de romper el nitrógeno molecular y fusionar los átomos de nitrógeno obtenidos con hidrógeno (Audesirk et al., 2013).

#### **2.5.1.12 Microorganismos que transforman el fosforo**

Tanto los hongos como las bacterias poseen la habilidad de solubilizar, se han llevado a cabo investigaciones con ambas en conjunto y se concluyó que, además de eliminar el fósforo inorgánico, perduran en el suelo debido a su elevada tasa de reproducción (Sánchez et al., 2014).

#### **2.5.1.13 Microorganismos que transportan azufre**

Bravo (2024), conceptualiza que dentro de los microorganismos que transportan azufre existe una gran cantidad de bacterias aerobias estrictas como bacterias anaerobias facultativas y arqueas (hipertermófilas) las cuales una gran cantidad de ellas son acidófilas y son las que transportan y descomponen compuestos de azufre.

#### **2.5.1.14 Microorganismo que movilizan potasio**

Los componentes del suelo retienen el potasio, pero solo una fracción es soluble y otra considerable proporción se adhiere al suelo generando formas inalterables. Las bacterias pertenecientes a los géneros *Basillus*, *Pseudomonas* y *Clostridium*, junto con hongos como *Aspergillus*,



*Penicillium* y *Mucor*, solubilizan el potasio liberando ácidos orgánicos o inorgánicos que interactúan con los minerales que los poseen. Estos microorganismos degradan los minerales aluminosilicatos liberando una porción del potasio que contienen (Lara, 2024).

#### **2.5.1.15 Micorrizas**

Solomon et al. (2013), nos explican que los glomeromicetos son simbioses que establecen conexiones dentro de las células con las raíces de las plantas y árboles. Se conoce como micorrizas a estas conexiones simbióticas entre las hifas de algunos hongos y las raíces vegetales. Tienen vínculos endomicorrizas; se introducen en las células de las raíces vegetales. Asimismo, alrededor de 5000 especies de *ascomicetos* y *basidiomicetos* forman relaciones micorrizas, aunque sus hifas recubren la raíz de la planta en vez de infiltrarse. Se les denomina ectomicorrizas. De forma fascinante, los científicos han evidenciado que ciertos hongos micorrizas poseen bacterias en su citoplasma. A pesar de que aún no se ha definido el rol de la bacteria, su existencia indica que podrían formar parte de una relación tripartita: hongo, planta y bacteria.

## **2.6 PRINCIPALES MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM-1) Y SUS ACCIONES**

### **2.6.1 Bacterias fotosintéticas**

Ramón (2020), explica que están representados por las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, que funcionan como fuente de carbono, las moléculas orgánicas generadas por los exudados de las raíces vegetales, utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía.



*R. palustris* es una bacteria fototrófica, con la capacidad de generar aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, estos son compuestos que pueden ser empleados por microorganismos heterótrofos para su desarrollo, además de fomentar el crecimiento y desarrollo vegetal. Las micorrizas absorben directamente los metabolitos y funcionan como sustrato para aumentar el número de otros microorganismos útiles, tales como los fijadores de nitrógeno, los actinomicetos y las micorrizas.

### 2.6.2 Bacterias ácido lácticas

Son los *Lactobacillus plantarum* y *L. casei*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus lactis* y *Pediococcus*, las cuales pueden ser antagónicas frente a otros microorganismos patógenos del suelo, principalmente por la generación de ácido-láctico producido por la fermentación el cual es sintetizado por bacterias fototróficas y levaduras (Ramón, 2020).

### 2.6.3 Levaduras

Diversas especies constituyen las levaduras microbianas, las especies más destacadas son *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Producen compuestos antimicrobianos y otros beneficiosos para las plantas, estos compuestos se constituyen en azúcares y aminoácidos liberados por las bacterias fotosintéticas, y la estructura orgánica presente en el terreno (Ramón, 2020).

### 2.6.4 Actinomicetos

*Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetos que integran los microorganismos eficaces. Algunas especies del género *Strptomycetes*, son buenos para el control biológico de hongos



fitopatógenos, estos microorganismos benefician el desarrollo de *Azotobacter* y las micorrizas (Ramón, 2020).

### **2.6.5 Hongos de fermentación**

*Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp*, *Mucor hiemalis* y *Rhizopus sp*. Muchos hongos son antagónicos de especies fitopatógenas, por ejemplo, las especies de *Trichoderma* tienen la capacidad de realizar diversos mecanismos biocontroladores, tales como la competencia por espacio y nutrientes, el micro parasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (Ramón, 2020).

## **2.7 APLICACIONES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES**

### **2.7.1 Aplicaciones en la agricultura**

Vega et al. (2021), afirman que produce una repulsión de insectos y la inhibición enfermedades los cultivos, pues tienen la capacidad de generar una fortaleza de los cultivos a enfermedades, consume los exudados que producen las plantas, impidiendo la difusión de microorganismos patógenos y el surgimiento de enfermedades, potencia la calidad, desarrollo de la planta y por consiguiente una buena producción de los cultivos; fomentan la floración, fructificación y maduración, aumenta la capacidad de fotosíntesis a través de un crecimiento foliar más vigoroso.

El empleo en la agricultura depende de diversos factores, como la ubicación geográfica, la salud del suelo, el clima, las técnicas agrícolas, entre otros aspectos influyentes. Al utilizar microorganismos beneficiosos (EM-1) en el suelo, este logra retener una mayor cantidad de agua. Esto conlleva a mejorar en la producción de cultivos, aumentando su resistencia a la falta de agua durante



épocas secas. Esta mejora se debe al aumento de materia orgánica, lo que reduce la porosidad gracias a la actividad microbiana; y al equilibrio iónico que favorece la interacción entre las cargas superficiales de la estructura física del suelo y las cargas iónicas presentes en el agua (Tanya & Leiva, 2019).

### **2.7.2 En semilleros**

Se observa un incremento en la rapidez y el poder de germinación de las semillas, gracias a su acción hormonal, semejante al ácido giberélico. Además, se aprecia un fortalecimiento en el vigor y desarrollo de tallos como las raíces, desde los primeros brotes hasta la emergencia de las plántulas, debido a su función como rizobacterias que potencian el crecimiento de las plantas. Además la supervivencia de los plantones son mayores (Tanya & Leiva, 2019).

### **2.7.3 En suelos**

Tangarife (2021), define que los microorganismos eficaces (EM-1) influyen en el suelo, así como en sus diversas características pues viene definida por la elaboración de productos orgánicos por parte de las bacterias y hongos. Esta producción surge de la absorción de iones positivos, mientras que su descomposición tiene como fin liberar dichos iones positivos. El hidrógeno formado no se combina con oxígeno para crear agua, sino que se emplean para crear  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  y otras sustancias altamente desagradables que pueden ser perjudiciales para los cultivos. No obstante, el suelo logra absorber el hidrógeno adicional en los procesos de anaeróbicos y, si están presentes microorganismos como las bacterias fotosintéticas, estos aprovecharán esa producción de sustancias en descomposición para generar otras sustancias benéficas, contribuyendo así a



preservar la calidad y productividad del suelo. Esto contribuye a garantizar el uso eficaz de la MO y la fertilidad del suelo.

#### **2.7.4 En producción animal**

Según Valdés et al. (2022), como una opción para mejorar la productividad de los animales consiste en incluir en su dieta diaria aditivos como biocatalizadores, enzimas, probióticos, aceites esenciales y compuestos bioactivos derivados de cultivos, bosques, pastizales, bofedales entre otros lugares de alimentación. Por lo cual propone que una alternativa sostenible adicional es presentada por los microorganismos eficientes (EM-1), los cuales, no solo comparten similitudes con las opciones previas, sino que también permiten una aplicación en un abanico más amplio de usos en la agricultura y ganadería. Por lo general, se describen como un cultivo variado de microorganismos beneficiosos, los cuales no generan alteraciones genéticas, además que habitan en entornos naturales y son fisiológicamente complementarios entre sí.

## **2.8 RESIDUOS SÓLIDOS**

Según el Decreto Legislativo N° 1278 (2017), ley integral de residuos sólidos, nos explica que son: cualquier material, objeto, elemento o sustancia que deriva de la utilización de un servicio o producto el cual la persona tiene la responsabilidad o deseo de desechar, promoviendo el una selección prioritaria de los residuos y para luego disponer un tratamiento final de estos residuos sólidos.

Junto con la norma técnica peruana INACAL (2021), Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Nos dan los requisitos de los parámetros de elaboración de compost que se realizan a partir de residuos sólidos que se obtienen de mercados,



ferias, áreas verdes, domicilios, restaurantes y cualquier otro tipo de establecimiento que expende alimentos.

### **2.8.1 Los residuos sólidos en el Perú**

El Decreto Supremo 011-2012-ED (2019), da el informe defensorial N° 181-2019-DP donde nos dice que solo el 1% de residuos sólidos orgánicos son aprovechados y los residuos sólidos inorgánicos solo el 2% son aprovechados, por lo cual es importante los informes y normativas para realizar un mejor control de los residuos orgánicos.

### **2.8.2 Tratamiento de residuos solidos**

Urure et al. (2024), mencionan que los tratamientos de los residuos sólidos es una práctica amplia que abarca la regulación de la producción, almacenaje, transporte y tratamiento de residuos de forma óptima para proteger la salud pública, teniendo en cuenta diversos factores como la preservación ambiental, la viabilidad económica, el aspecto visual, aspectos de ingeniería y otros impactos en el entorno natural como por ejemplo la utilización de los residuos orgánicos para tratarlos con microorganismos benéficos los cuales realizaran procesos anaerobios y aerobios en su degradación para obtener materia orgánica que servirá en la mejora de suelos, agricultura, entre otros usos que se les pueda dar.

### **2.8.3 Materia orgánica**

La composición y estructura de la materia orgánica es el resultado de la descomposición de animales y plantas para convertirse en sustrato para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y este se altera por los fertilizantes químicos, además la materia orgánica sirve como fuente de carbono y nitrógeno



para los microorganismos los cuales convierten esta biomasa microbiana el cual aporta estabilidad química y biológica al suelo, lo que a su vez contribuye a la fijación de micro y macro elementos que estarán a disposición de las plantas (Murillo et al., 2019).

#### **2.8.4 Descomposición de la materia orgánica**

Los microorganismos tienen la capacidad de procesar y eliminar microorganismos dañinos para la salud al descomponer la MO, además, se emplearán en la disminución de materiales orgánicos para estabilizar estos productos y facilitar su reutilización como abono orgánico, generación de gas metano para calefacción y como combustible para motores. Estos microorganismos degradan la materia orgánica en dos procesos: anaerobio y aerobio (Hurtado & Chuquimamani, 2021).

##### **2.8.4.1 Proceso anaerobio**

Guananga-Díaz et al. (2024), nos dicen que se realizan en ausencia de oxígeno, facilita el seguimiento adecuado del proceso de degradación de la MO, lo que conlleva a la obtención de resultados más exactos y beneficiosos, empezando desde la generación del gas metano como fuente de energía, hasta la ganancia de otros recursos como los abonos naturales. La transformación del ácido acético en metano y dióxido de carbono mediante la actividad de bacterias facultativas anaeróbicas heterotróficas causa una descomposición química del sustrato, lo que favorece la sostenibilidad a largo plazo de los tratamientos anaeróbicos.



#### **2.8.4.2 Proceso aerobio**

Este proceso se lleva a cabo debido a que las bacterias, protozoos y otros microorganismos especiales presentes consumen oxígeno, logrando así la degradación de materia orgánica. La efectividad de la descomposición de los contaminantes generalmente se calcula por la  $DBO_5$ , que indica cuánto oxígeno requieren los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica en moléculas más pequeñas, y los sólidos suspendidos (Guananga-Díaz et al., 2024).

#### **2.8.5 Bokashi**

Palabra de origen japonés que significa "materia orgánica fermentada". Este fertilizante puede descomponer materiales de origen animal o vegetal en un proceso aeróbico. Cuando se utiliza, los microorganismos del suelo se activan y aumentan en número, mejorando las propiedades físicas del suelo y aportando nutrientes a las plantas (Salvatierra, 2022).

#### **2.8.6 Compost**

El compost según Moncayo (2021), describe como "la fermentación aeróbica materia orgánica bajo la acción de bacterias, hongos y numerosos insectos en condiciones específicas como oxígeno, porcentaje de humedad, temperatura y nutrientes". A través de este proceso de estabilización aeróbica, conserva sus propiedades fisicoquímicas y biológicas que mejoran la calidad del suelo y las plantas. El compostaje es, por tanto, una actividad sostenible que beneficia al medio ambiente manteniendo el ciclo natural de la materia orgánica, reduciendo y transformando la cantidad de residuos sólidos generados.



### **2.8.7 Humus de lombrices**

Lo realiza las lombrices las cuales permite la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica. Esto se debe a que la materia orgánica está expuesta a microorganismos específicos en los intestinos de las lombrices, que no están disponibles en el compostaje u otros procesos de biodegradación y le dan propiedades especiales al vermicompost. Al ingerir la materia orgánica, las lombrices degradan la materia orgánica en su interior, antes de la acción de microorganismos y enzimas. Cuando los desechos masticados atraviesan el intestino de la lombriz, las enzimas y microorganismos generan el proceso de biodegradación. El entorno donde se encuentra la lombriz también absorbe algunas de las enzimas y microorganismos, así como algunas de las hormonas presentes en el intestino que fue excretado por la lombriz (Alvarez et al., 2022).

### **2.8.8 El biól**

Promueve y potencia el desarrollo de la planta, mediante la producción de fitohormonas. Las hormonas vegetales son productos de desecho del metabolismo bacteriano característico de esta fermentación anaeróbica. Contiene cinco grupos hormonas: adenina, purinas, giberelinas y citoquininas, las cuales fomentan el desarrollo de nuevas raíces y su robustecimiento además de incitar la florescencia. Los bioles, contienen estas hormonas vegetales, por lo que son importantes en las prácticas de agricultura orgánica, reduciendo costos, aumentando la productividad y calidad de los cultivos (Gutiérrez et al., 2019).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

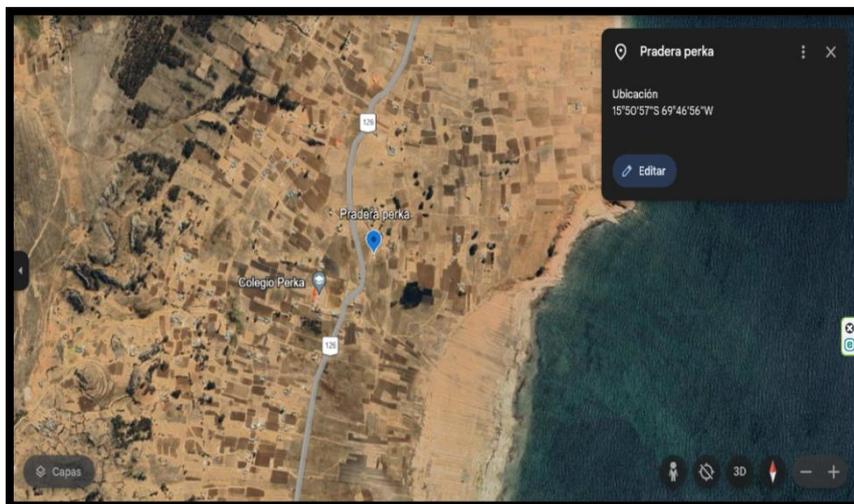
##### 3.1.1 Localización de zonas de captura de microorganismos

Las zonas de captura se efectuaron en la provincia de Puno y se tomaron de los siguientes puntos:

**Pastizal natural:** Centro poblado de Perka cuya ubicación se muestra en la Figura 2 el cual se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:  $15^{\circ}50'57''S$  y  $69^{\circ}46'56''W$

#### Figura 2

*Ubicación geográfica para toma de muestra de pastizal*

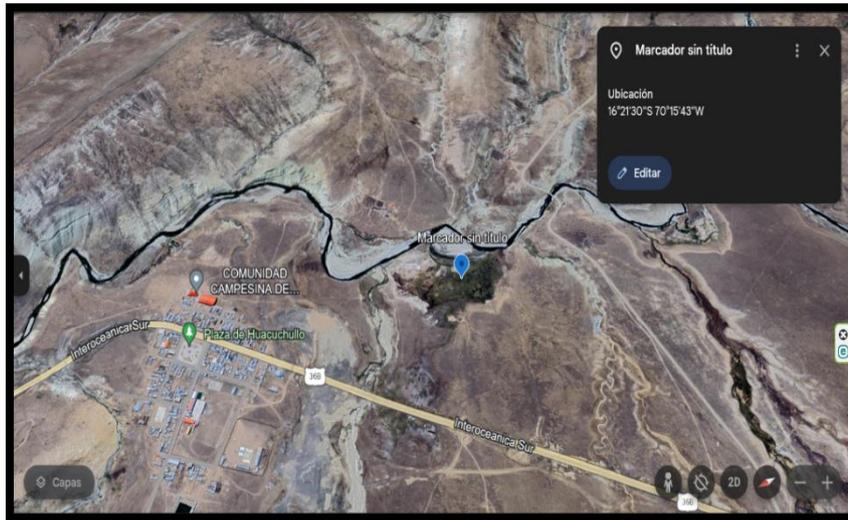


Nota: Imagen del centro poblado de Perka central

**Bofedal:** Centro poblado de Huacuchullo cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura 3, las coordenadas geográficas son:  $16^{\circ}21'30''S$  y  $70^{\circ}15'43''W$

### Figura 3

*Ubicación geográfica para toma de muestra de bofedal*

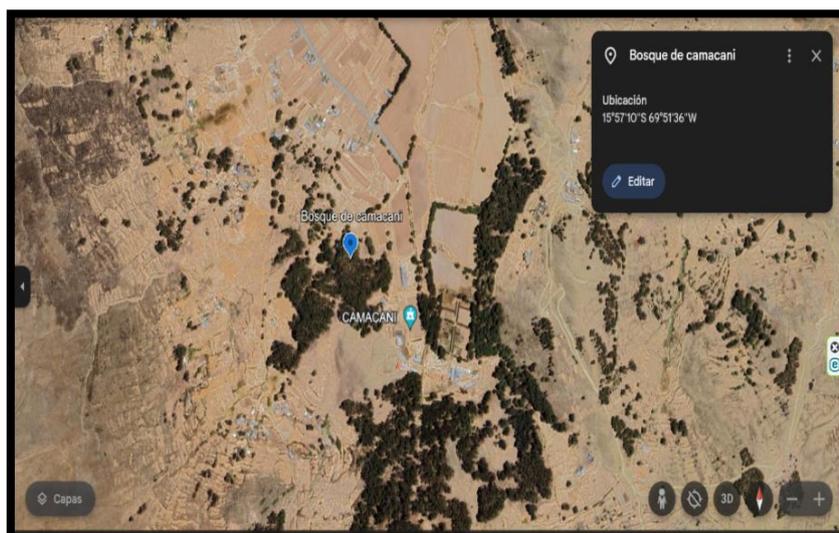


Nota: Imagen de la comunidad campesina de Huacuchullo donde se encuentra el bofedal.

**Bosque:** Se realizó en el centro experimental de Camacani de la UNA-Puno en el bosque el cual se observa en la Figura 4 cuyas coordenadas geográficas son: 15°57'10"S y 69°51'36"W

### Figura 4

*Ubicación geográfica para toma de muestra de bosque*



Nota: imagen de ubicación del CIP Camacani de la UNA-Puno

Las muestras de microorganismos capturadas de pastizal, bofedal y bosque, se llevaron al Laboratorio de Microbiología de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Las coordenadas de ubicación del laboratorio (Figura 5) donde se realizaron los cultivos e identificación de microorganismos  $15^{\circ}49'20''S$  y  $70^{\circ}01'07''W$ .

### Figura 5

*Ubicación geográfica del laboratorio de microbiología*



Nota: imagen de la UNA-Puno donde se encuentra la facultad de medicina veterinaria y zootecnia

### 3.1.2 Lugar elaboración de compost con microorganismos nativos

Se realizó en el domicilio ubicado en la ciudad de Puno a condiciones medioambientales del lugar (Figura 6) cuyas coordenadas son  $15^{\circ}50'35''S$  y  $70^{\circ}01'10''W$

## Figura 6

*Ubicación geográfica donde se elaboró el compost*



Nota: imagen del lugar de elaboración del compost

### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este estudio se utilizó el método científico inductivo y deductivo porque estas estrategias de razonamiento lógico son útiles y nos permiten hacer suposiciones o conclusiones sobre los objetivos previstos respaldados por un marco teórico-analítico determinado (Triana, 2019).

El manejo y disposición final inadecuados de los residuos orgánicos generan problemas medioambientales y en definitiva, provocan problemas de salud a la población. Por lo cual planteamos una respuesta a este problema y luego validamos estos resultados en laboratorio (Salvatierra, 2022).

### 3.3 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

#### 3.3.1 Materiales

- Vasos descartables.
- Tela nylon.



- Ligas.
- Pico y pala.
- Arroz.
- Cebada.
- Trigo.
- Baldes para el proceso de fermentación.

### **3.3.2 Equipos**

- Tubos de ensayo.
- Matraz Erlenmeyer.
- Placas Petri.
- Jeringas.
- Mechero.
- Gradillas.
- Microscopio.
- Portaobjetos.
- pH metro.
- Termómetro.
- Matraz Erlenmeyer.
- Parafilm.
- Termohigrómetro.

### **3.3.3 Reactivos**

- EM comercial.
- Melaza.



- Agua destilada.
- Agua sin cloro.
- Agar MRS.
- Agar PDA.
- Colorante cristal violeta.
- Lugol
- Decolorante alcohol-cetona
- Safranina
- Aceite de inmersión

### 3.3.4 Materiales para trabajo de gabinete

- Computador
- Hojas
- Lapiceros
- Cuaderno de campo
- Software: Word, Excel, R estudio entre otros programas dedicados

## 3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño estadístico donde se obtuvo los resultados del primer objetivo de la investigación, fue diseño de bloques completamente al azar (DBCA), para lo cual está compuesto por tres tratamientos, tres repeticiones y tres unidades experimentales por repetición y para la cual se usarán 27 unidades de análisis (Figura 7), para los sustratos en la captura de microorganismos eficaces del altiplano cuyo modelo matemático será:

$$y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$ : Total de las observaciones.

$\mu$ : Media general.

$B_j$ : Total de ecosistemas o bloques

$t_i$ : Efecto del tratamiento de sustratos.

$E_{ij}$ : Error del experimento

### Figura 7

*Tratamientos y repeticiones de los sustratos de captura*

Repeticiones	Tratamientos		
	T1	T2	T3
R1	S2	S1	S3
R2	S1	S3	S2
R3	S3	S2	S1

Nota: S1= sustrato de arroz, S2= sustrato de trigo, S3=sustrato de cebada, para los tres ecosistemas

El diseño estadístico para el segundo objetivo de la investigación, se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), para lo cual está compuesto por tres tratamientos (aplicación de microorganismos de pastizal, bofedal y bosque) frente a dos testigos (aplicación de microorganismos benéficos del altiplano de Puno y EM comercial), que serían en total nueve tratamientos y dos testigos Figura 8, el modelo matemático será

$$y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$ : Total de las observaciones.

$\mu$ : Media general.

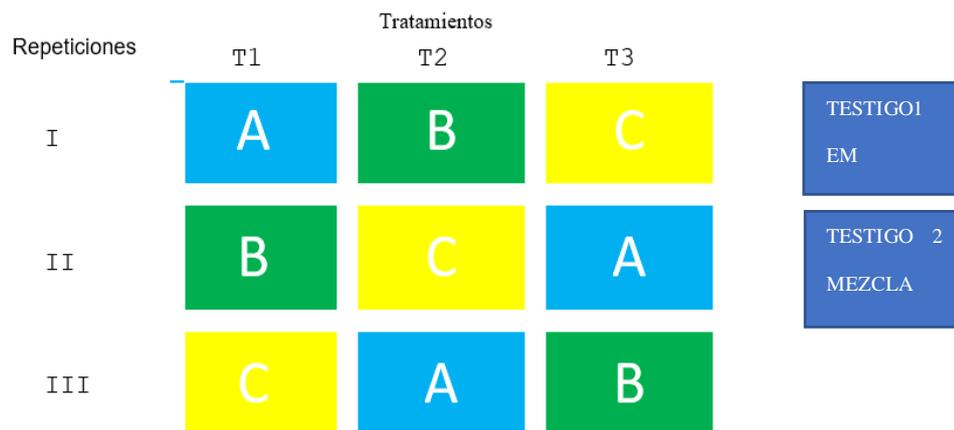
$B_j$ : Total de bloques de compost aplicados con microorganismos

$t_i$ : Efecto del tratamiento de los microorganismos.

$E_{ij}$ : Error del experimento

### Figura 8

*Aplicación de microorganismos en los tratamientos y repeticiones*



Nota: A=microorganismos de bosque, B= microorganismos de bofedal y C= microorganismos de pastizal

## 3.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 3.5.1 Captura e identificación

#### 3.5.1.1 Técnica de captura

Para la realización de captura de microorganismos en los suelos de tres áreas naturales diferentes las cuales son: pastizal, bofedal y bosque; se usó la técnica de muestreo aleatorio debido a que los microorganismos no



se encuentran distribuidos de forma uniforme en el suelo en este caso se tomó la decisión de capturar los microorganismos en zonas que no hayan sido intervenidas por la mano del hombre y con las condiciones de temperatura, humedad, pH y oxígeno.

Tanya & Leiva (2019), mencionan que los microorganismos con mejores características se encuentran donde hay buenas condiciones de humedad, temperatura y pH, además las trampas deben estar protegidas o tapadas con tierra para que la luz solar no les caiga directamente, la concentración de oxígeno también es fundamental para su habitat, otro factor para una buena captura es el clima pues en una época de sequía los microorganismos desaparecen o disminuye sus colonias el cual no permitiría su captura y por ultimo su relación con el medio ambiente es fundamental pues necesita materia orgánica para sobrevivir.

### **3.5.1.2 Preparación de medios de captura**

Los materiales usados fueron esterilizados para evitar cualquier tipo de contaminación. Se utilizó 27 vasos descartables donde se introdujeron 100 gramos de los sustratos elegidos (Figura 9), los cuales fueron el arroz, cebada y trigo; fueron pre cocidos por 20 minutos y sirvieron para la captura de los microorganismos benéficos nativos, estas trampas de captura fueron cubiertos con la tela nylon y se distribuyeron como en la Figura 8, se enterraron en lugares húmedos y cubiertos de vegetación en las zonas de pastizal, bofedal y bosque.

## Figura 9

### *Preparación de medios de captura*



Nota: Trampas con sustratos de trigo, cebada y arroz

### 3.5.1.3 Fase de campo

Luego de la preparación de las trampas con sustrato, se identificó los puntos de captura, en los cuales se colocaron las trampas, se procedió a cubrirlas con tela de nylon para obtener mejores resultados en la captura; las trampas fueron colocadas en los puntos seleccionados de los ecosistemas pastizal, bofedal y bosque (Figura 10).

## Figura 10

*Puntos de captura de los tres ecosistemas*



Nota: lugares donde se colocaron las trampas; a) Pastizal, b) bofedal y c) bosque

### 3.5.1.4 Cosecha de microorganismos

Transcurridos 8 días desde que se dejaron las trampas, se realizó la cosecha de microorganismos, las muestras obtenidas se llevaron cuidadosamente hacia el laboratorio manteniendo la humedad y temperatura (Figura 11), para realizar los análisis y determinar las características obtenidas en cada sustrato.

## Figura11

*Muestras de sustratos de cebada, trigo y arroz en laboratorio*



Nota: Cosecha de las trampas de sustratos donde se observan los microorganismos

### 3.5.1.5 Fase de laboratorio

En el laboratorio se observó en las muestras recogidas de cada punto, tuvo una coloración y presencia de microorganismos en los diferentes sustratos (Figura 11), donde se observó que en el arroz existe presencia de microorganismos y coloraciones, en el trigo hay regular presencia de microorganismos y mínimamente en la cebada.

### 3.5.1.6 Preparación de *Lactobacillus* MSR Agar

La preparación del MRS agar fue de la siguiente manera: se pesó 6.71 g de MRS Agar, el cual se colocó en un matraz Erlenmeyer y se rehidrato con 100 ml de agua destilada (Figura 12) y se calentó a una temperatura constante de 80 °C, se agita constantemente hasta cambiar de un color amarillo pálido a un color dorado transparente. Se lleva a la autoclave por un tiempo de 30 minutos para su esterilización, para luego vaciar en placas Petri, se lleva a refrigeración a temperatura 2°C a 8°C para su conservación.

#### Figura12

Preparación de Agar *Lactobacillus* Agar



Nota: *Lactobacillus* Agar de color amarillo cremoso

### 3.5.1.7 Inoculación de las muestras de microorganismos

Se preparó 27 tubos de ensayo previamente esterilizados, cada uno conteniendo el caldo de cultivo MRS Agar, divididos en 3 grupos de 9, debido a que las muestras son de diferentes ecosistemas: pastizal, bofedal y bosque.

En cada tubo se hizo la siembra de microorganismos (Figura 13) para que se desarrollen en el medio de cultivo, se dejaron por 5 días en la cámara de incubación para su desarrollo a una temperatura de 25 °C, cuando finalizó el tiempo de incubación se pasó a realizar las observaciones, se realizó las tinciones Gram y se eligió las mejores muestras que contengan mayor cantidad de microorganismos diferentes los cuales serán repicados y sembrados en otros medios de cultivo.

#### Figura13

*Inoculación de los microorganismos en un caldo MRS*



Nota: Sustratos de cebada, trigo y arroz en caldo de cultivo MRS.

El repique de muestras tiene el mismo procedimiento anterior, se realizaron los cultivos en placas Petri (Figura 14), en medio de cultivo de Agar nutritivo MRS para el desarrollo de bacterias ácido lácticas, además de también realizar en medio de cultivo PDA para hongos y levaduras estas placas Petri se llevan nuevamente a la cámara de incubación a temperatura de 25°C durante 5 días para el desarrollo de microorganismos de manera más pura.

### **Figura 14**

*Repique de muestras en Agar nutritivo MRS en placas Petri*



Nota: el repique se realizó en la cámara de aislamiento

#### **3.5.1.8 Tinción Gram**

Se toma las muestras de cada tubo y se lleva a una cabina de bioseguridad en el cual se realiza el frotis correspondiente de cada muestra

para colocarla en un porta objetos se colocó una gota de cada una de las muestras que en total fueron 9, luego se prendió el mechero bunsen para pasar el portaobjetos por el fuego, con la intención de desecarlos, luego se realiza la tinción Gram Figura 15-a, con los siguientes pasos:

- La primera tinción se realiza con la aplicación de cristal violeta, se aplica al portaobjetos, luego se espera un minuto y enjuagar.
- En segundo paso se aplica decolorante BK, esperar unos segundos y enjuagar.
- En tercer paso se aplica Lugol de igual manera se espera unos segundos para luego enjuagar.
- Por último, se aplica Safranina por otro minuto y enjuagar.

### Figura 15

*Tinción Gram y observación en el microscopio.*



Nota: a) Reactivos para tinción Gram, b) Observación en el microscopio

Finalmente se lleva al microscopio Fig. 15-b para observar cuales son Gram positivas de color azul-violeta y Gram negativas que serán de color rosa-rojizo



### 3.5.2 Validación

#### 3.5.2.1 Recolección de residuos sólidos orgánicos

Luego de la captura e identificación de microorganismos benéficos nativos, se procedió a validar la acción y efectividad de los microorganismos encontrados, para ello se procedió a recolectar residuos sólidos de dos familias de la ciudad de Puno, aserrín de carpintería, además de utilizar bokashi.

#### 3.5.2.2 Preparación de los tratamientos para la elaboración de compost

Antes de la aplicación de los microorganismos a los residuos sólidos orgánicos, se realizó la prueba en blanco para precisar el porcentaje de uso de concentración de microorganismos nativos; se eligió pruebas de 10% y 15% de concentración en bolsas que contenían 50.84 g. de materia orgánica, la concentración que se eligió para aplicar directamente a los tratamientos fue al 15 %, por que fue el que demostró mayor degradación de materia orgánica.

Se preparó tres tratamientos con tres repeticiones además habrá dos testigos uno con EM-1 y otro con una mezcla de todos los microorganismos de pastizal, bofedal y bosque; serán distribuidos como en la Figura 7; comprobamos el tiempo y el grado de degradación que realizaron los microorganismos eficaces nativos en los residuos sólidos; aplicamos una muestra microorganismos de pastizal, bofedal y bosque en tres unidades experimentales; en los testigos, en una unidad experimental aplicaremos EM-1 comercial, y en otra unidad experimental la mezcla de



todos los microorganismos encontrados.

En este paso se utilizaron recipientes como baldes de aceite de 18 litros, se utilizó melaza de caña de azúcar para la activación de los microorganismos eficaces en proporción 150 ml en 850 ml de agua que en total nos da 1 litro de la aplicación, se picó con un cuchillo los residuos orgánicos obtenidos, se hizo una mezcla homogénea de todo lo obtenido para luego distribuirlo en los valdes que son las unidades experimentales, siguiendo el proceso de elaboración de compost se puso primero una cama de material seco como ramas, cascaras de choclo secas aserrín y bokashi, los cuales previamente se regaron con los MBN activados, el riego fue diariamente, para una mejor oxigenación y acción de los microorganismos se hizo un volteo cada 3 días.

Al tornarse las mezclas a un color marrón oscuro y al no tener un mal olor, se dedujo que el proceso de compostaje había terminado y todos los residuos orgánicos fueron descompuestos.

### **3.5.2.3 Análisis de los datos obtenidos en laboratorio**

Se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos, conductividad eléctrica, pH, porcentaje de materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

##### 4.1.1 Observaciones preliminares de las trampas de cada muestra, antes de realizar la inoculación a los caldos de cultivo

###### 4.1.1.1 Colores

En las trampas colectadas de cada punto de muestreo se observaron diferentes colores presentes los cuales nos hicieron saber la presencia de microorganismos capturados en el ecosistema pastizal, las cuales se describen detalladamente en el ANEXO 1:

- Cebada: plomo y negro.
- Trigo: rojo verde café.
- Arroz: rojo, negro, plomo, anaranjado y café.

En el ANEXO 2, se detalla los microorganismos capturados en el ecosistema bofedal en el cual se observaron los siguientes colores:

- Cebada: negro.
- Trigo: plomo, rojo y blanco.
- Arroz: negro, amarillo, plomo, granate y café.

Por último, en el ANEXO 3 se detalla los microorganismos capturados en el ecosistema bosque se observó los siguientes colores:

- Cebada: negro.
- Trigo: rojo, plomo y café.



- Arroz: rojo, negro, plomo, anaranjado, amarillo y verde.

#### **4.1.1.2 Emisión de gases**

En este paso al abrir los tubos de ensayo donde estaban los sustratos en el caldo de cultivo produjeron gases, esto se observó al momento de abrir la incubadora, algunos tubos de ensayo estaban destapadas el cual significa que emitieron bastante gas el cual provoco la salida de la tapa, y para los demás tubos al momento de destaparlos se produce un sonido y en otros no. El arroz es el que produjo mayor emisión de gases, seguido del trigo y fue mínimo la cebada, además entre ecosistemas, las muestras de bosque son las que emitieron mayor cantidad de gas, seguido de bofedal y por último pastizal ANEXO 4.

#### **4.1.2 Identificación e inoculación preliminar de los microorganismos eficientes autóctonos**

Reynoso et al. (2024), para aislar diferentes tipos de microorganismos de una muestra (agua, materia orgánica, sangre, saliva, alimento, etc.), existen diferentes métodos. La siembra o inoculación es la introducción artificial de una porción de una muestra en un medio adecuado para iniciar un cultivo microbiano, según el fin pretendido; después de la siembra, el medio se cultiva a una temperatura adecuada para el crecimiento.

Se tomo pequeñas muestras de los sustratos de las trampas las cuales se pusieron en un tubo de ensayo, conteniendo un caldo de cultivo MRS Agar, todas esas muestras se llevaron a incubar a temperatura de 25 °C, por un tiempo de un día, como se observa en la Figura 13 y se anotaron sus características de emisión de gases anexo 4:

#### 4.1.3 Elección de muestras para el repique y purificación de muestras

Se escogieron las siguientes muestras porque se observaron los mismos microorganismos:

- De la zona de pastizal se escogieron las muestras 2, 4, 8 y 9
- De la zona de bofedal las muestras 1, 5, 6, 7 y 9
- De la zona de bosque las muestras 2, 3, 5, 8 y 9

#### 4.1.4 Tinción Gram

La tinción Gram de las muestras elegidas las cuales nos mostraran un color azul o violeta para las Gram positivas y un color rosado a rojo las Gram negativas, como se observa en la Fig. 15

En la tabla 1 se detalla cuáles son microorganismos Gram positivas y Gram negativas de las diferentes muestras seleccionadas para el presente trabajo de investigación, las imágenes más detalladas se pueden observar en el ANEXO 6.

**Tabla 1**

*Tinción Gram para muestras seleccionadas*

PASTIZAL		
Muestra	Gram +	Gram -
2	si	si
4	si	si
8	si	si
9	si	no

BOFEDAL		
Muestra	Gram +	Gram -
1	si	no
5	no	si
6	si	no
7	si	si
9	si	si



Muestra	BOSQUE	
	Gram +	Gram -
2	si	no
3	si	no
5	si	no
8	si	si
9	si	no

Nota: Existencia de Gram positivas y Gram negativas en cada muestra de los ecosistemas

Pérez & Trinidad (2022), la tinción Gram nos da una información muy importante sobre la morfología de los microorganismos para poder identificar las muestras, las muestras observadas nos permitieron conocer sus diferentes características.

## 4.2 RESULTADOS DE LA CAPTURA E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

Los microorganismos observados y seleccionados se describen con materiales de referencia bibliográfica especializados en microbiología, micología, biología con los cuales se realizaron la comparación para poder clasificarlos a nivel de genero además de usar sus claves taxonómicas.

### 4.2.1 Identificación de microorganismos aislados

Los microorganismos benéficos nativos encontrados se identificaron en comparación a otras investigaciones realizadas, procedimos a realizar la comparación con teoría encontrada, para tener una objetividad en la investigación de microorganismos capturados.

#### 4.2.1.1 Las bacterias ácido lácticas (BAL)

**Los lactobacilos** son bacterias comunes en la naturaleza los cuales realizan la descomposición de la materia orgánica, también forman parte

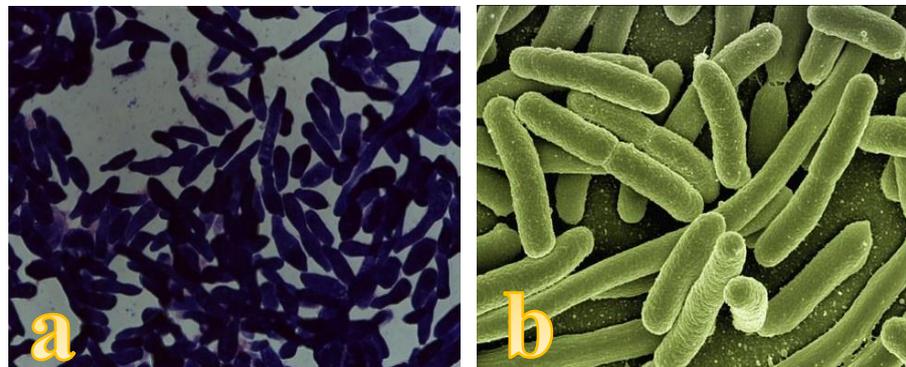
de la flora intestinal además de la elaboración de algunos alimentos como el yogurt, el queso, entre otros.

Avila (2015), nos muestra cómo se presentan las bacterias ácido lácticas las cuales son similares a las que obtuvimos en las muestras obtenidas en el altiplano de Puno.

Tanya & Leiva (2019), mencionan que dentro de las principales especies de lactobacilos tenemos a este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus* de acuerdo a los textos científicos, el microorganismo hallado (Figura 16) es el siguiente:

### Figura 16

#### *Lactobacillus acidophilus*



Nota: a) Microorganismo encontrado en el ecosistema bosque y b) Imagen tomada de la web <https://internationalprobiotics.org/home/lactobacillus-acidophilus/>

La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Dominio: Bacteria

Filo: Bacillota

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Lactobacillaceae

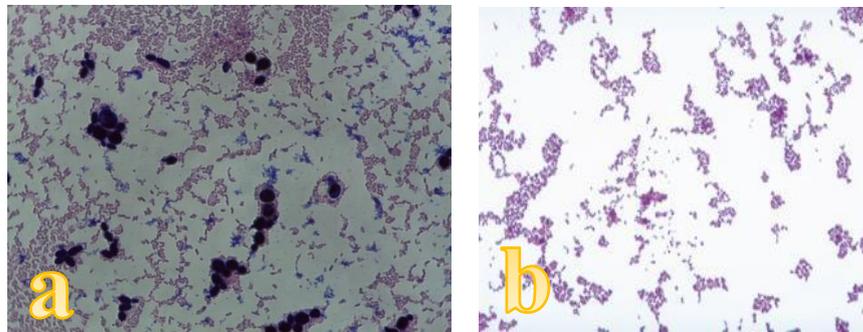
Género: *Lactobacillus*

Especie: *L. Acidophilus*

Además de equilibrar la población de microorganismos del suelo, la aplicación de *Lactobacillus* también estimula el sistema inmunitario de las plantas, aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejora el aprovechamiento de los fertilizantes, evita la proliferación de hongos dañinos y contribuye a acondicionar suelos enfermos y compactados. Los *Lactococcus* (Figura 17) antes llamados *Streptococcus* juegan un papel importante en la agricultura, mejora la fertilidad del suelo, controla plagas, produce biofertilizantes y además de desarrollar plantas saludables:

### Figura 17

#### *Lactococcus lactis*



Nota: a) Microorganismo encontrado en el ecosistema bofedal y pastizal; y b) Imagen de la web <https://www.wardsci.com/store/product/8878855/ward-s-live-i-lactococcus-lactis-i-culture>

La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Dominio: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Steptococcaceae

Género: *Lactococcus*

Especie: *L. lactis*

#### 4.2.1.2 Levaduras

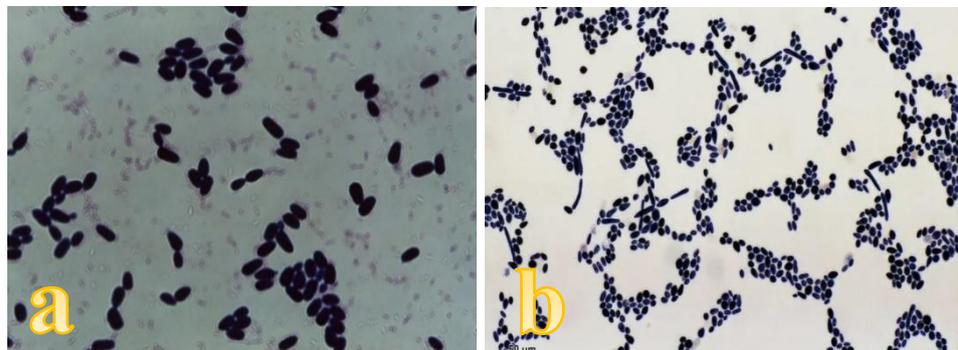
Dentro de las levaduras, se encontraron los siguientes microorganismos benéficos, *Saccharomyces cerevisiae* que tienen una relación con *S. bayanus* y la cepa de *S. boullardii*.

En la investigación de Tanya & Leiva (2019), mencionan la presencia de esta levadura como un microorganismo benéfico pues estos microorganismos no requieren luz solar para crecer, utiliza los diferentes azúcares existentes y puede crecer con poco oxígeno. Estos microorganismos producen la fermentación alcohólica.

En la investigación de laboratorio se observó la existencia de *Saccharomyces cerevisiae* (Figura 18) a nivel de microscopio.

#### Figura 18

##### *Saccharomyces cerevisiae*



Nota: a) Microorganismo encontrado en el ecosistema bofedal; y b) Imagen tomada de la web <https://www.murielwines.com/es/noticias/gracias-saccharomyces-cerevisiae#>



La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Hemiascomycetes

Orden: Saccharomycetales

Familia: Saccharomycetaceae

Género: *Saccharomyces*

Especie: *S. cerevisiae*

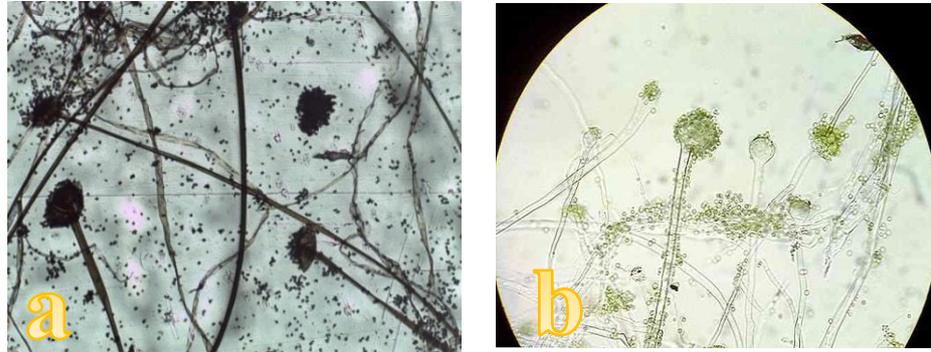
Tanya & Leiva (2019), nos mencionan que en el género *Saccharomyces* existen diferentes tipos de levaduras y forma parte del reino de los hongos. La incapacidad para utilizar nitratos y la capacidad de fermentar varios carbohidratos, son características típicas de los *Saccharomyces*. Sus colonias pueden crecer y madurar en 3 días, son colonias húmedas, cremosas, blancas o de color crema no pueden asimilar los nitratos.

#### 4.2.1.3 Hongos fermentadores

Los principales son: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp* y *Mucor hiemalis* Wehmer. Sanchez (2022), menciona que los hongos fermentadores fijan el nitrógeno, movilizan el P y N del suelo, se encuentran en la mayor parte de suelos, en su investigación detalla la forma del *Aspergillus oryzae* (Figura 19)

## Figura 19

### *Aspergillus oryzae*



Nota: a) Microorganismo encontrado en el ecosistema bosque; y b) Imagen de la web <https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/aspergillus-oryzae-caractersticas-taxonomamorfologa-y-usos.html>

La taxonomía de este microorganismo es:

Dominio: Eukarya

Filo: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Familia: Trichocomaceae

Género: *Aspergillus*

Especie: *A. oryzae*

Morocho & Leiva-Mora (2019), describen a *Aspergillus oryzae*, como un hongo aeróbico y filamentoso. Esta especie se usa para la cocina, para la fermentación de soja, fermentación de biomasa, como son los restos de cultivo, produce biogás y bioetanol, así como también puede ser utilizado como controlador biológico de plagas de cultivos.

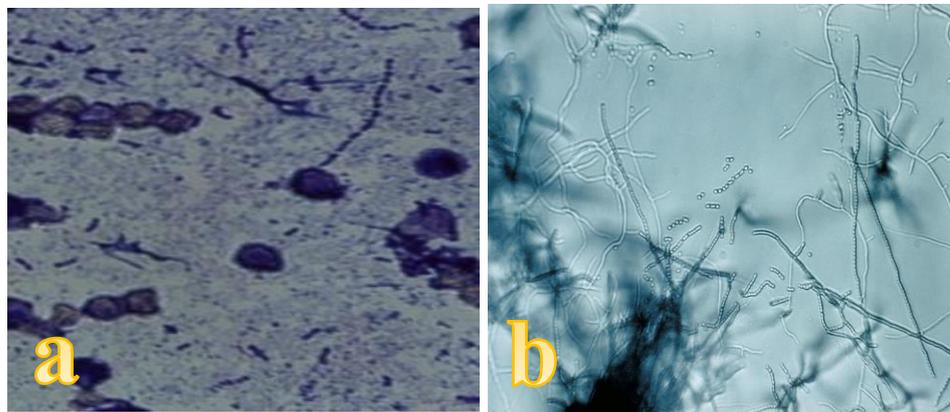
#### 4.2.1.4 Actinomicetos

Avila (2015), explica que, dentro de este grupo de microorganismos,

los principales son *Streptomyces griseus* (Figura 20), y *Streptomyces albus* (Figura 21), pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas, tienen mucha importancia para la elaboración del compost y el desarrollo de los suelos. Es antagonista contra hongos patógenos como el *Fusarium oxysporum*; Además los actinomicetos tienen una estructura entre bacteria y hongo.

### Figura 20

#### *Streptomyces griseus*



Nota: a) Microorganismo encontrado en ecosistema bosque; y b) Imagen de la web <https://microbiologiaparahumanos.wordpress.com/2020/04/22/streptomyces-griseus-2/>

La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Dominio: Bacteria

Filo: Actinomycetota

Clase: Actinomycetia

Orden: Streptomycetales

Familia: Streptomycetaceae

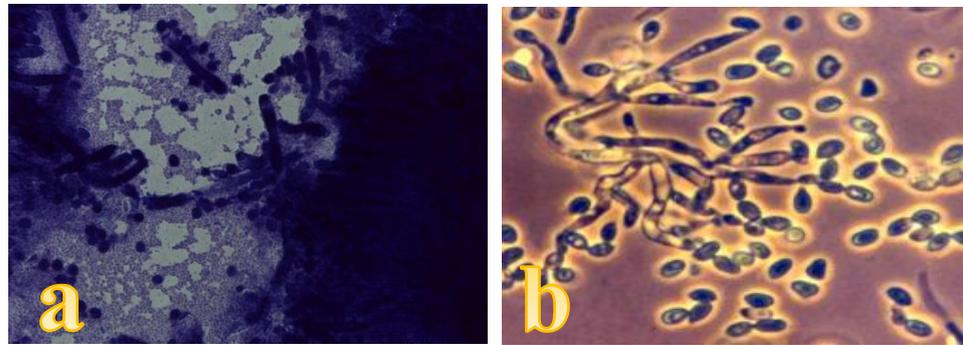
Género: *Streptomyces*

Especie: *S. griseus*

Tiene propiedades beneficiosas para el crecimiento vegetal además de contribuir a la fertilidad del suelo, al producir antibióticos y metabolitos secundarios, además de compuestos nitrogenados y fosforados, estos pueden ser utilizados como biofertilizantes, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y liberar nutrientes como el fosfato y por último minimiza el impacto ambiental y contaminación del suelo y agua.

### Figura21

#### *Streptomyces albus*



Nota: a) Microorganismo encontrado en ecosistema bofedal; y b) Imagen de la web <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/streptomyces-albus>

La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Dominio: Bacteria

Filo: Actinomycetota

Clase: Actinomycetia

Orden: Streptomycetales

Familia: Streptomycetaceae

Género: *Streptomyces*

Especie: *S. albus*

Son de vida libre mayormente en el suelo, tiene gran importancia en la formación de suelos, inhiben el crecimiento micelial de varios hongos

fitopatógenos.

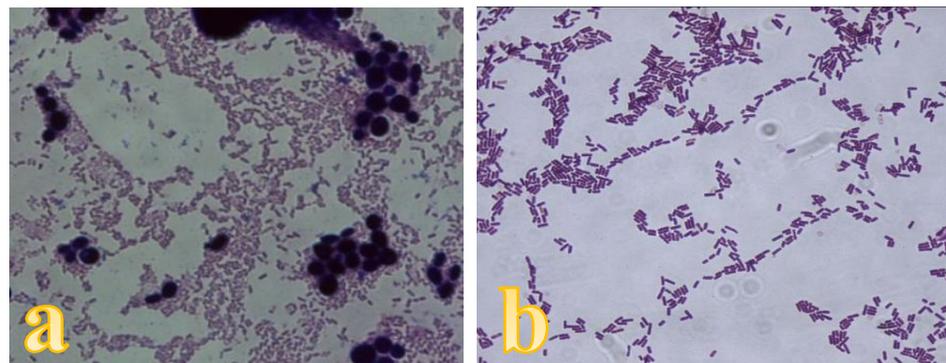
#### 4.2.1.5 Bacterias de vida libre

Otro microorganismo detectado es el *Bacillus subtilis* (Figura 22) que es una bacteria de vida libre, es un miembro del género *Bacillus*, tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitiéndole tolerar condiciones ambientalmente extremas.

La investigación de Sanchez (2022), demostraba la presencia de este microorganismo en cuanto a la forma de este género. Además Tanya & Leiva (2019) mencionan que estas bacterias son capaces de fijar el nitrógeno del ambiente, dentro de este grupo de bacterias libres tenemos a los géneros: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Bacillus*.

#### Figura 22

##### *Bacillus subtilis*



Nota: Microorganismo encontrado en ecosistema pastizal; y b) Imagen de la web <https://ciencias.ugr.es/34-noticias/3403-simulando-el-nado-de-una-bacteria-sincronizacion-flagelar-en-bacillus-subtilis>

La taxonomía de este microorganismo es la siguiente:

Dominio: Bacteria



Filo: Bacillota

Clase: Bacilli

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

Especie: *Bacillus subtilis*

#### 4.2.2 Análisis estadístico para saber cuál es el mejor sustrato para la captura de microorganismos

Se uso el programa R Studio para realizar el análisis de la capacidad de captura de los sustratos; para ello se tomó las variables de colores observados (CO), emisión de gases (EG), microorganismos encontrados (ME), muestras seleccionadas (MS).

En la tabla 2 se encuentra el resumen de las observaciones realizadas a todas las trampas colocadas, es una elaboración propia, tomando en cuenta los criterios observados, se tomó como base la los criterios metodológicos de López-Hontangas et al. (2007), donde se realizó la observación e inspección de acuerdo a la disposición, tamaño, textura, color, cantidad, uso de sustratos, entre otros, los cuales de acuerdo los datos del ANEXO 7 se realizó el análisis de varianza para los sustratos.

**Tabla 2**

*Cuadro de resumen de observaciones*

OBS.	PASTIZAL			BOFEDAL			BOSQUE		
	C	T	A	C	T	A	C	T	A
CO	4	5	9	2	3	5	3	6	14
EG	4	7	8	5	6	8	6	7	9
MO	6	8	5	4	4	4	5	6	6
MS	1	1	2	1	2	2	2	1	2

C=cebada, T=trigo, A=arroz CO: colores observados, EG: emisión de gases, MO microorganismos observados y MS muestras seleccionadas

**Tabla 3***Análisis de varianza de los sustratos de captura*

	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>sig.</b>
<b>Ecosistemas</b>	2	22.39	11.194	1.416	0.258
<b>Sustratos</b>	2	16.89	8.444	1.068	0.356
<b>Residuales</b>	31	245.3	7.904		

Nota: Resultados obtenidos con el software R Studio, C.V.=57.8

En la tabla 3 el resultado de la significancia mayor a 0.05 el cual indica que no existe diferencias significativas entre los tratamientos (pastizal, bofedal y bosque) por lo cual se acepta que todas las muestras obtenidas sirven para nuestro propósito.

El test de Bartlett se usó para saber la homogeneidad de los tratamientos, el resultado es mayor a 0.05 lo cual indica que es homogéneo, y se acepta la hipótesis nula.

Por último se realizó el test de Tukey al 95% los resultados de la tabla 4 nos indican que el arroz con un resultado del valor diferencial de medias de 5.75 nos indica que capturo mayor número de microorganismos, seguido de la cebada con un valor diferencial de medias de 4.75 y por último el trigo con un valor diferencial de medias de 4.08; además el mismo test de Tukey nos brinda la información de que en el bosque existen muchos microorganismos ya que nos da el valor diferencial de medias de 21.29, seguido del pastizal con un con un valor diferencial de medias de 19.50 y por último en el bofedal con un valor diferencial de medias de 14.71.

**Tabla 4**

*Resultados de la prueba de Tukey*

<b>Sustrato</b>	<b>Diferencia de medias</b>
<b>Arroz</b>	5.75 a
<b>Cebada</b>	4.75 a
<b>Trigo</b>	4.08 a

<b>Ecosistemas</b>	
<b>Bosque</b>	21.29 a
<b>Pastizal</b>	18.25 a
<b>Bofedal</b>	15.96 a

Nota: Resultados obtenidos con el software R Studio

#### **4.2.3 Unidades formadoras de colonias**

Muñoz et al. (2024), las unidades formadoras de colonias (UFC) se calculan para cuantificar cuantos microorganismos viables existen y son capaz de multiplicarse además permiten evaluar la efectividad de los procesos además de que se usa como parámetro para establecer estándares y regulaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y de agua potable.

En el ANEXO 11 nos muestra que las colonias de bofedal son las que más se desarrollaron con 9225 UFC/ml seguida de la mezcla de microorganismos con 9161 UFC/ml, EM-1 con 8334 UFC/ml, bosque 8080 UFC/ml y por último el pastizal con 6807 UFC/ml.

Estos resultados indican como el microorganismo se desarrolla y actúa en la materia orgánica para su degradación Muñoz et al. (2024), indica que mientras más desarrollo microbiano existe, mayor es la degradación de materia orgánica.

## 4.3 VALIDACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS NATIVOS

### 4.3.1 Aplicación y validación de la aplicación de microorganismos nativos del altiplano

#### 4.3.1.1 Recolección de residuos orgánicos urbanos

Se recolectó los residuos sólidos orgánicos de dos familias durante dos semanas cuyos resultados fueron los siguientes:

**Tabla 5**

*Generación de residuos sólidos de dos familias de la ciudad de Puno.*

SEMANA 1								
Nº	8/07/2024	9/07/2024	10/07/2024	11/07/2024	12/07/2024	13/07/2024	14/07/2024	TOTAL
Familia 1	1.33	0.82	1.56	2.65	1.1	1.27	1.24	9.97
Familia 2	1.25	1.28	0.65	0.35	1.55	0.45	1.85	7.38
suma total	2.58	2.1	2.21	3	2.65	1.72	3.09	17.35

SEMANA 2								
Nº	15/07/2024	16/07/2024	17/07/2024	18/07/2024	19/07/2024	20/07/2024	21/07/2024	TOTAL
Familia 1	0.98	1.05	2.4	1.8	2.35	0.84	0.88	10.3
Familia 2	1.15	1.45	0.8	0.75	1.62	1	2.1	8.87
suma total	2.13	2.5	3.2	2.55	3.97	1.84	2.98	19.17

Nota: Residuos sólidos obtenidos en 14 días.

El resultado del peso de residuos sólidos orgánicos obtenidos durante dos semanas fueron en total 36.52 kg. registrados en la Tabla 5 además calculamos la generación de RO per cápita Tabla 6.

**Tabla 6**

*Generación per cápita por familia*

<b>Residuos orgánicos generados</b>	36.52	Kg
<b>Total, de integrantes de las familias</b>	8	Hab.
<b>Total, de días</b>	14	días
<b>Generación per cápita</b>	0.326	Kg/hab.día

Nota: Residuos orgánicos generados por cada integrante de las familias, la primera familia compuesta por cinco integrantes y la segunda por tres integrantes

#### 4.3.1.2 Preparación de los tratamientos para la aplicación de los microorganismos eficaces nativos del altiplano

Antes de la aplicación de los microorganismos se realizó las pruebas en blanco (Figura 23), para determinar el porcentaje de aplicación de los microorganismos por lo cual se pesó 50.84 g. de materia orgánica y se inoculo los microorganismos al 10% y al 15% de concentración.

**Figura 23**

*Preparación de la prueba en blanco*



Nota: a) Pesado de muestras, b) Aplicación de microorganismos, c) Pruebas blanco con la aplicación y d) Resultado de dos semanas donde se eligió el 15%

Luego de dos semanas de aplicado los microorganismos se observó el cambio de la materia orgánica en la prueba del 15% de concentración por el cual se procede a usar ese porcentaje en los tratamientos.

Se prepararon nueve valdes para los tratamientos (Figura 24), se dividieron en tres unidades experimentales para luego aplicar los microorganismos obtenidos de pastizal, bofedal y bosque, además se preparó dos unidades experimentales en los cuales se aplicaron EM comercial y en otro se aplicó una mezcla de todos los microorganismos encontrados, los parámetros a controlar en todo el proceso de compostaje es la temperatura y la humedad.

### Figura 24

#### *Preparación del compost*



Nota: Preparación del compost colocando materia orgánica seca, luego materia orgánica verde.

### 4.3.1.3 Temperatura

Para esta variable de temperatura se tomó en el centro de los baldes de compostaje con un termómetro (Figura 25), los cuales se tomaron nota cada dos días con el tiempo de 3 min, durante 8 semanas.

#### Figura 25

*Toma de datos de la temperatura*



Nota: La temperatura se toma en el centro del compost

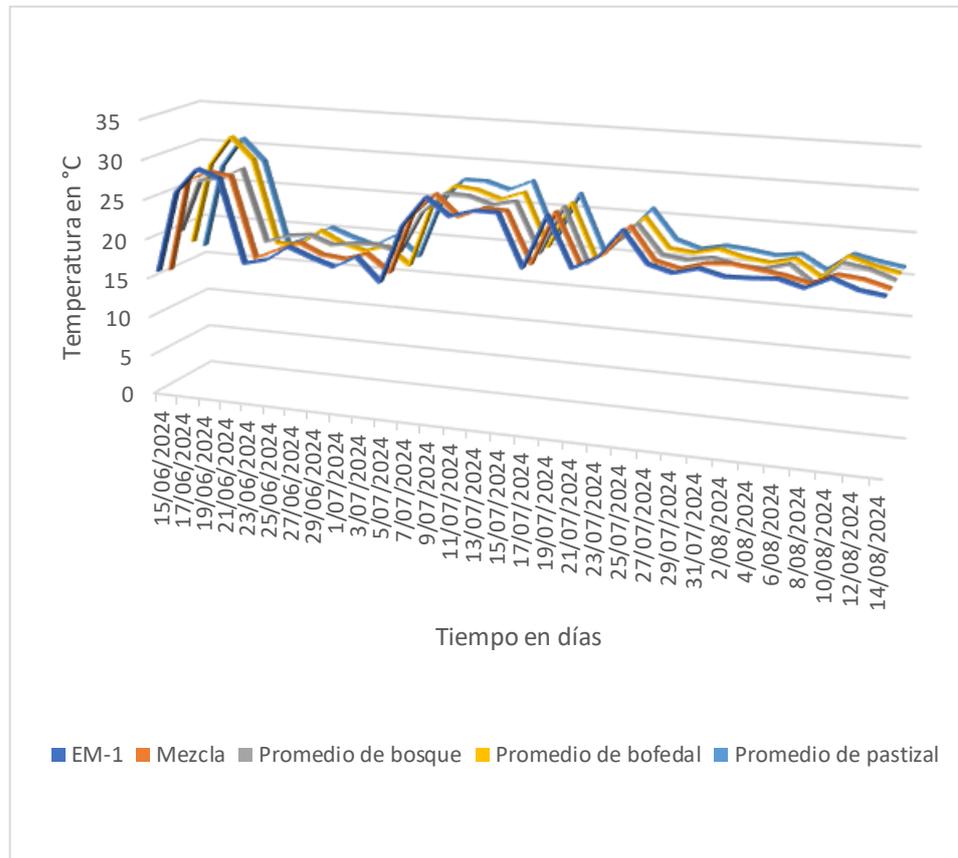
Martínez & Henares (2023), explican que el proceso de compostaje se realiza en 4 fases: fase mesófila, donde se degrada la materia orgánica hasta una temperatura de 42-45 °C, en la fase termófila la temperatura es alta y es constante, en la fase de enfriamiento es cuando la materia orgánica se reduce y la temperatura cae, así como el consumo de oxígeno, hasta llegar a la fase de madurez, donde todos los compuestos se estabilizan.

En la Figura 26 se puede observar que la temperatura varía mucho, esto debido a que estos meses de junio y julio las temperaturas ambientales son muy cambiantes, pasando de una temperatura alta a una temperatura demasiado baja, el cual hizo variar en algunos casos la temperatura del compost; pero la tendencia fue al inicio de una temperatura baja, subiendo

a alta y para luego descender a una temperatura constante.

**Figura 26**

*Fases de elaboración del compost*



Nota: Control de la temperatura cada dos días.

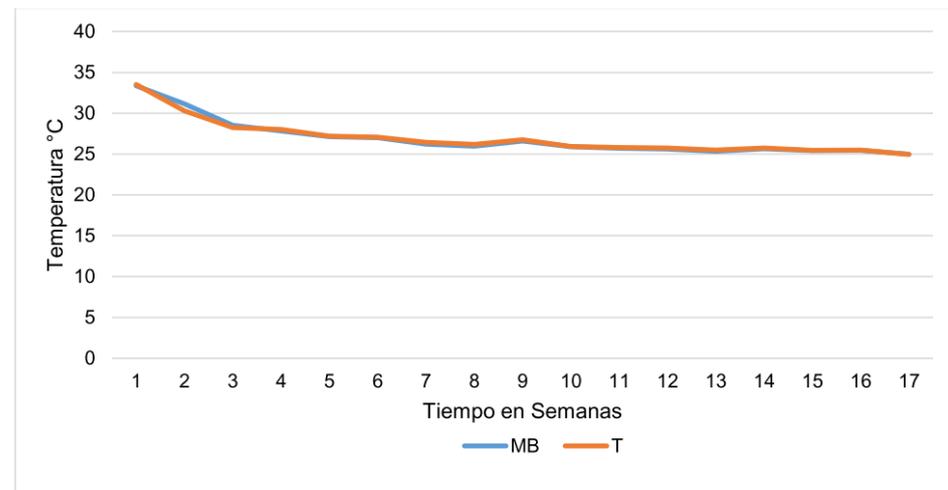
Observando el gráfico hasta la fecha 21/06/2024, se observa un incremento máximo de temperatura interna en todos los tratamientos de compost para luego descender drásticamente y mantenerse constante hasta la fecha 05/07/2024 control donde otra vez se incrementa la temperatura, debido al clima del altiplano la variación de la temperatura es notable hasta llegar al día 27/07/2024 donde va estabilizándose hasta volverse constante y se puede afirmar que el compost está en proceso de maduración.

Moncayo (2021), realizó el compostaje en la ciudad de Cuenca-Ecuador, la temperatura solo descendió desde el inicio del compostaje,

esto debido a la zona tropical en donde se realizó el experimento a continuación (Figura 27) se muestra los resultados de esta prueba a comparación de la que se realizó en el altiplano.

**Figura 27**

*Variación de la temperatura en el tiempo en Cuenca-Ecuador*



Nota: Tomado de Moncayo (2021), comparado con la Figura 26 existe una diferencia entre una zona tropical y una zona de altura.

Realizando el análisis estadístico nos da el siguiente resultado:

**Tabla7**

*Análisis de varianza de la temperatura en los tratamientos*

	<b>GL</b>	<b>Suma De Cuadrados</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Temperatura</b>	4	3.6	0.905	0.074	0.99
<b>Residuales</b>	150	1826.7	12.178		

Nota: Análisis de varianza de la temperatura.

La tabla 7 nos muestra el resultado de la significancia  $\alpha = 0.99$  cuya interpretación es que no hay diferencias significativas entre las temperaturas de los tratamientos, además con usando el test de Bartlett para la ver el resultado de homogeneidad nos da un resultado de mayor a 0.05, que nos indica que hay homogeneidad, además utilizando el prueba

de Tukey se observa la diferencia de medias de estos resultados Tabla 8, donde los testigos 1 y 2 tienen una ligera diferencia de temperatura menor frente a los demás tratamientos.

**Tabla8**

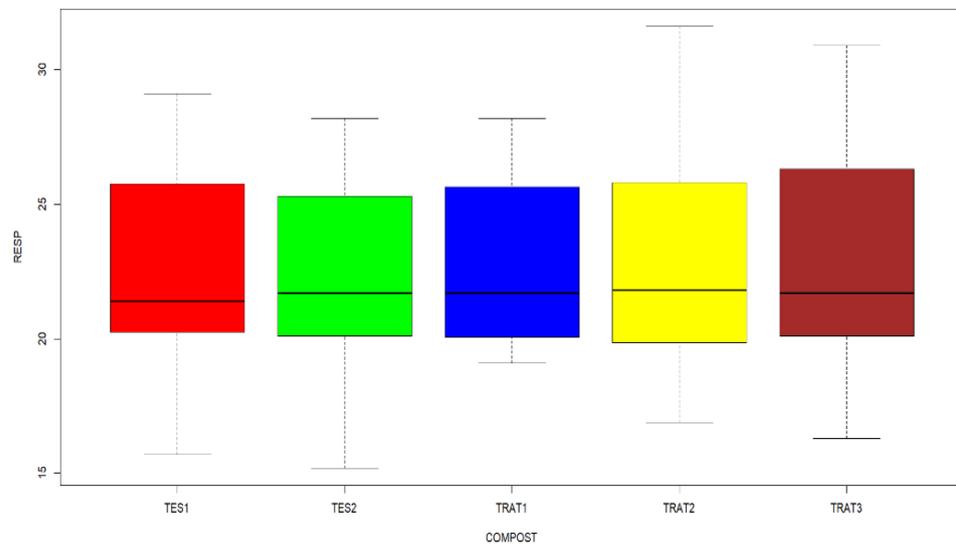
*Prueba de Tukey para la temperatura*

<b>Pastizal</b>	22.56774	a
<b>Bosque</b>	22.55484	a
<b>Bofedal</b>	22.52903	a
<b>EM</b>	22.27097	a
<b>Mezcla</b>	22.2129	a

Nota: No existen diferencias significativas entre tratamientos

**Figura 28**

*Homogeneidad de temperaturas entre los tratamientos*



Nota: Imagen del programa R Studio: donde TEST1=EM-1, TEST2= Mezcla, TRAT1=Bosque, TRAT2=Bofedal y TRAT3=pastizal.

#### 4.3.1.4 Humedad

Para tomar el control de la humedad se usó un termohigrómetro (Figura 29) el cual se colocó en el centro del compost de cada tratamiento

los cuales se tomaron junto con la temperatura por tres minutos, cada dos días durante ocho semanas.

### Figura 29

*Control de humedad con un termohigrómetro*

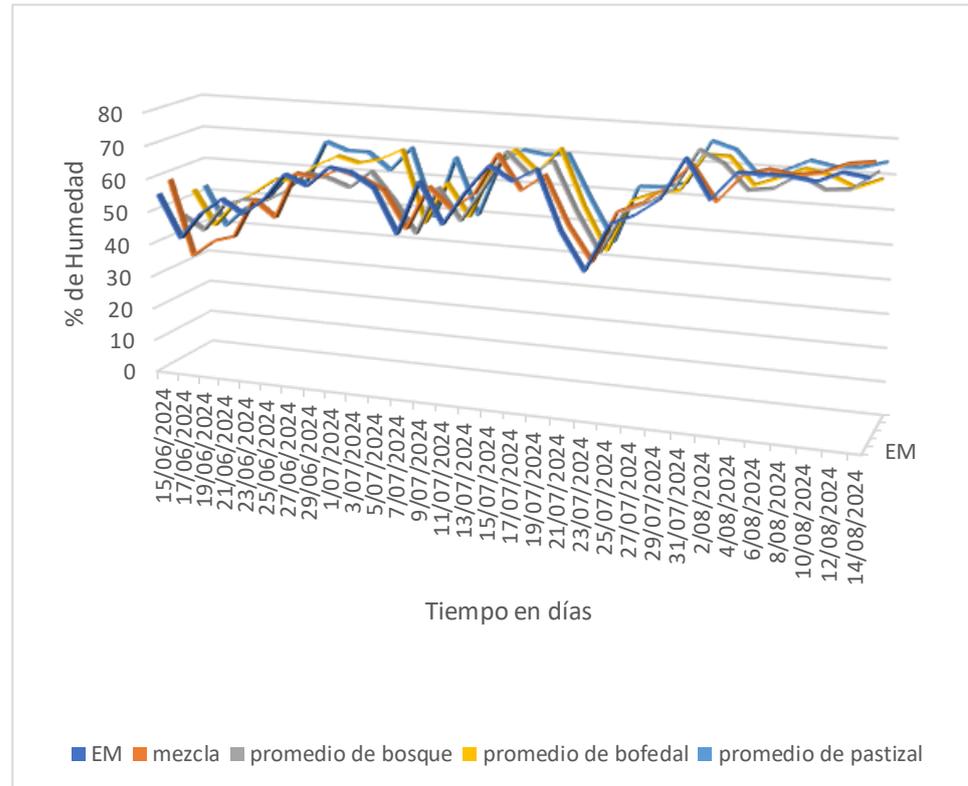


Nota: El control se realiza durante tres minutos

El porcentaje de humedad varía por el clima de nuestra región, por ser un lugar seco, además que en los meses de junio-julio se presentan heladas, estos factores afectan a la humedad; son cambios de temperatura extremos. En la Figura 30 observamos el cambio de la humedad en el tiempo:

**Figura 30**

*Variación de la humedad en el tiempo*



Nota: Control de la humedad en el tiempo de 60 días.

Se puede observar que la humedad estuvo entre 40% hasta 80% lo cual se procedía a agregar aserrín y materia orgánica seca para bajar la humedad pues el frío de la nuestra zona hace que se retenga la humedad por más tiempo.

En comparación con Moncayo (2021), de una zona tropical con la zona altiplánica, nos muestra las diferencias existentes entre ambos climas y como eso afecta en la humedad.

**Figura 31**

*Variación de la humedad en el tiempo en Cuenca-Ecuador*



Nota: Tomado de Moncayo (2021), comparado con la Figura 30 existe una diferencia entre una zona tropical a otra zona de altura

Se procede a realizar el análisis estadístico con los datos del ANEXO 9, nos da los resultados de la Tabla 9:

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para la humedad*

	GL	Suma De Cuadrados	Media Cuadrática	Sig.
<b>Humedad</b>	4	100	0.25	0.909
<b>Residuales</b>	150	14939		

Nota: Resultados de significancia para la humedad

El resultado de significancia  $\text{Alpha} = 0.909$  nos indica que no existen diferencias significativas, eso se corrobora con el test de homogeneidad de Bartlett que nos da un resultado de valor de p-valué es superior al 0.05, además se observa en la Tabla 10 de Tukey que la humedad en el tratamiento de bosque tiene una diferencia media de 60.47 hasta el tratamiento pastizal de 62.55 el cual significa que la humedad se mantuvo constante en todos los tratamientos con un 60% a 62%, pero las normas NTP y la FAO exigen el estándar mayor al 30% y menor que 50% el cual nos exige un control estricto de la humedad.

**Tabla 10**

*Test de Tukey para la humedad*

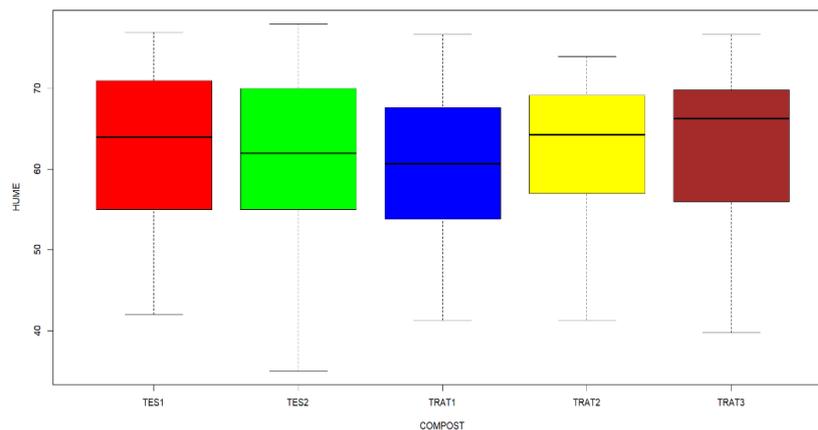
<b>Pastizal</b>	62.55161	a
<b>Em</b>	62.45161	a
<b>Bofedal</b>	61.99032	a
<b>Mezcla</b>	61.12903	a
<b>Bosque</b>	60.46774	a

Nota: significancia entre tratamientos entre microorganismos

En la Figura 32 la gráfica muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

**Figura 32**

*Homogeneidad de la humedad entre los tratamientos*



Nota: Imagen del programa R Studio: donde TEST1=EM-1, TEST2= Mezcla, TRAT1=Bosque, TRAT2=Bofedal y TRAT3=pastizal.

#### 4.3.1.5 Olor

Al inicio del proceso de compostaje, la materia orgánica utilizada, tenía olor a frutas, vegetales que son los olores de origen de los residuos sólidos orgánicos, mientras va pasando el tiempo las características cambiaron para cada tratamiento, en la tabla 11 se registró los olores alto, medio y bajo que tuvieron los tratamientos.

**Tabla 11**

*Cuadro de olores registrados en cinco fechas*

	pastizal			bofedal			bosque		
	alto olor	medio olor	bajo olor	alto olor	medio olor	bajo olor	alto olor	medio olor	bajo olor
<b>15/06/2024</b>			x			x			x
<b>30/06/2024</b>		x		x				x	
<b>15/07/2024</b>		x			x				x
<b>30/07/2024</b>	x				x		x		
<b>14/08/2024</b>			x			x		x	

Nota: Cambios de olores en el proceso de compostaje

El proceso de compostaje poco a poco se siente a un olor a tierra el cual nos indica que el compost está descomposición progresiva hasta la estabilización.

#### **4.3.1.6 Color**

Al inicio del proceso se observa los colores característicos de la materia orgánica de origen, como son las frutas, verduras, materia seca, ramas entre otros, con el tiempo se va transformando a unos colores entre negro, café, amarillento los cuales son a causa de la descomposición de las diferentes materias orgánicas que se agregaron, luego se uniformizo a un color marrón claro con algunas partículas negras y por último se volvió a un color marrón oscuro así como el color de la tierra, el cual nos indica que el proceso de compostaje con microorganismos está culminando.

### Figura 33

*Cambio de color del compost en el tiempo*



Nota: Muestras tomadas en: a) inicio del compostaje, b) a los 30 días y c) día 60

Román et al. (2013), en el manual de compostaje, nos demostraron que la variación de color va de los colores de origen de cada materia orgánica hasta llegar a un color marrón oscuro, el cual pasa por las cuatro fases del compostaje: fase mesófila (Figura 33-a), termófila (Figura 33-b), enfriamiento o mesófila II (Figura 33-c) y maduración hasta llegar a un color marrón oscuro, donde los autores controlaron los parámetros de humedad y temperatura de manera estricta hasta llegar a la maduración en más tres meses.

Comparando ambos procesos de compostaje se cumplió el objetivo deseado para la transformación de la materia orgánica, esto realizando el control de humedad y temperatura de forma estricta, pues fueron fundamentales para el proceso de compostaje realizado.

#### 4.3.1.7 Otras observaciones

Un día que se dejó de aplicar los microorganismos se observó la presencia de moscas en donde: en el tratamiento de pastizal se observó la presencia de moscas en mayor cantidad, en el tratamiento de bofedal fue

de menor intensidad y en el de bosque fue mínimo la presencia de moscas, en los testigos EM1 no se registraron observaciones en cambio el testigo 2-mezcla se notó que había atraído algunas moscas.

#### 4.3.2 Resultado de análisis fisicoquímico del compost

La norma técnica peruana proporcionada por INACAL (2021), 201.208.2021 FERTILIZANTES mencionan que el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos, debe tener un estándar de acuerdo a los parámetros que exige esta entidad además de comparar con los estándares de la FAO y la OMS.

En la tabla 12 tenemos la comparación de parámetros requeridos de calidad de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, la FAO y la OMS:

**Tabla 12**

*Parámetros requeridos por la NTP 201.208.2021, FAO y OMS*

Parámetro	Unidad	NTP Peruana		FAO		OMS	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH		7	8.3	6.5	8.6	6	9
C.E	mS/cm	2	4				
Nitrógeno	%	0.8	1.5	0.3	1.5	0.4	3.5
Potasio	%	0.6	1.5	0.3	1	0.5	1.8
Fósforo	%	0.4	1	0.1	1	0.3	3.5
Materia Orgánica	%	mayor o igual a 20		mayor o igual a 20		10	30
Humedad	%	35	50	30	40	30	70
Olores		no registrar olores					

Nota: Parámetros máximos y mínimos requeridos para el compost al final del proceso

Para conocer los parámetros fisicoquímicos que contienen los tratamientos con microorganismos eficaces nativos capturados de pastizal, bofedal, bosque

frente a los microorganismos eficaces EM-1 comercial y una mezcla de los tres ecosistemas, se realizó el análisis fisicoquímico Tabla 13 en el laboratorio de suelos de la escuela profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias, nos da el siguiente resultado:

**Tabla 13**

*Parámetros fisicoquímicos de las muestras de compost*

PARÁMETRO	UNIDAD			EM-1 COMERCIAL	MEZCLA B-B-P.	
	DE MEDIDA	BOSQUE	BOFEDAL PASTIZAL			
pH		8.01	7.97	7.87	7.55	7.66
C.E	mS/cm	6.7	5.58	6.19	7.78	6.28
Nitrógeno	%	1.85	2.05	2.12	2.06	2.04
Potasio	%	1.82	2.01	2.1	1.95	2
Fósforo	%	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7
Materia Orgánica	%	37.14	41.12	42.54	41.27	40.92
Humedad	%	71.4	73.82	71.87	73.71	69.52

Nota: Resultados obtenidos del laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias

La tabla 14 nos muestra el análisis de varianza para los tratamientos realizados con los microorganismos nativos encontrados en los diferentes ecosistemas analizados:

**Tabla 14**

*Análisis de varianza para los tratamientos de compost*

	GL	Suma De Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.	
Parámetros	6	22381	3730	3389.734	<2e-16	***
Tratamientos	4	6	1	1.323	0.29	
Residuales	24	26	1			

Nota: Resultados de análisis de varianza de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos obtenidos del laboratorio

En el presente cuadro en cuanto a los tratamientos no existe una diferencia significativa además la significancia es mayor a 0.05, se realizó el test de Bartlett el cual nos dio el resultado de 4.35 E-11 para la homogeneidad, este resultado nos indica que debemos realizar un ajuste de datos pues no existe una distribución normal de los datos.

Con los datos del ANEXO 10 se realiza el ajuste para realizar nuevamente el análisis de varianza, la tabla 15 nos muestra los resultados:

**Tabla 15**

*Análisis de varianza con ajuste para los tratamientos de compost*

	<b>GL</b>	<b>Suma De Cuadrados</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	
<b>Parámetros</b>	6	251.36	41.89	4626.02	<2e-16	***
<b>Tratamientos</b>	4	0.05	0.01	1.503	0.233	
<b>Residuales</b>	24	0.22	0.01			

Nota: Ajuste de datos para un mejor análisis.

Los tratamientos no tienen una diferencia significativa pues el alfa mayor a 0.05, además el test de Barlett nos da un resultado de 0.002 el cual indica que se está ajustando para llegar a la homogeneidad de datos con el test de Tukey se observa las diferencias de medias entre los tratamientos:

**Tabla 16**

*Test de Tukey para el análisis de parámetros del compost*

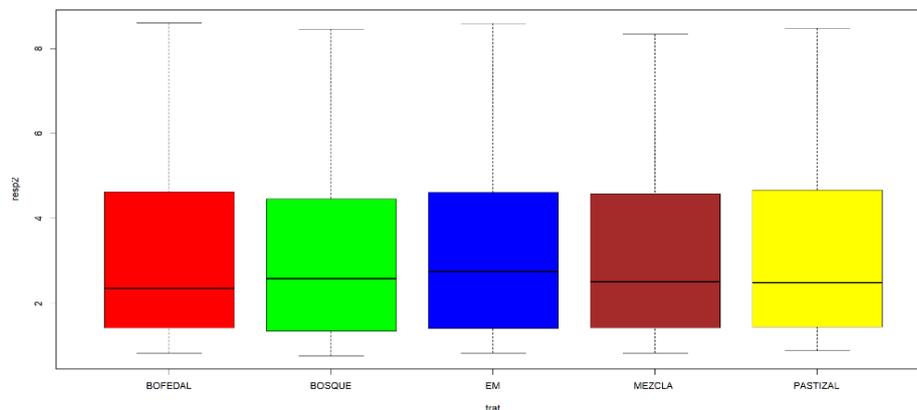
<b>Pastizal</b>	19.57143	a
<b>EM-1</b>	18.42857	a
<b>Bofedal</b>	18.28571	a
<b>Mezcla</b>	17.14286	a
<b>Bosque</b>	16.57143	a

Nota: resultados de significancia de los tratamientos.

Con la tabla 16 podemos interpretar de que el tratamiento de microorganismos de pastizal, seguido de EM-1 comercial y bofedal son los menos se acercan a los estándares establecidos por la NTP, FAO y OMS; siendo las mezclas de microorganismos de bosque cuyas medias se acercan mejor a los parámetros establecidos por las normas Figura 37 nos demuestra esto

**Figura 34**

*Diferencias significativas entre tratamientos*



Nota: Imagen proporcionada por R Studio donde se observa que no existen diferencias significativas

La tabla 12 nos muestra la comparación entre los estándares de la norma técnica peruana, la FAO y la OMS frente a los resultados de los tratamientos con microorganismos eficaces nativos del altiplano, estos resultados comparativos concuerdan con los análisis estadísticos realizados.

En la tabla 13 podemos observar que los parámetros de nitrógeno de todas las muestras de compost superan el estándar de 1.5% permitido por las NTP y la FAO pues en la muestra de pastizal nos da 2.12%, EM 2.06%, bofedal 2.05%, mezcla de microorganismos 2.04 y de bosque 1.85 el cual nos indica que la M.O. aún está en proceso de degradación.



En el caso del potasio de igual manera el estándar máximo permitido es de 1.5 %, en cambio en la muestra de pastizal nos da 2.1%, EM 1.95%, bofedal 2.01%, mezcla de microorganismos 2% y de bosque 1.82% el cual nos indica que la M.O. aún está en proceso de degradación.

Otro indicador es la materia orgánica pues nos indica que debe ser mayor o igual a 20% y en casi todas las muestras se duplica ese porcentaje, también nos indica que todavía está en proceso de descomposición y estabilización.

El ultimo indicador nos muestra que el estándar de humedad es de 50% como máximo, y en cada tratamiento excede el límite permitido.

Moncayo (2021), usa los estándares de la OMS donde cumple con todos los requisitos exigidos; por lo que en la presente investigación se acepta que el compost está maduro.

Dado estos resultados la explicación sería:

Según Román et al. (2013), el compostaje dura entre 3-9 meses y las muestras que se analizaron en laboratorio son de dos meses o 60 días, los cuales indicarían que el compost se encuentra en un proceso de estabilización el cual permitiría alcanzar los parámetros deseados por la NTP y la FAO; en cambio la OMS es más flexible en los parámetros fisicoquímicos requeridos para el compost.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La captura de microorganismos benéficos nativos, da como resultado que el mejor sustrato de captura fue el de arroz, que nos da un valor medio diferencial de 5.75, seguido por la cebada con una diferencia media de 4.75 y por último el trigo con un valor medio de 4.08.

Los microorganismos que se identificaron son: en el ecosistema bosque *Lactobacillus acidophilus*, *Aspergillus oryzae* y *Streptomyces griseus*, ecosistema pastizal *Lactobacillus acidophilus*, *L. lactis* y *Bacillus subtilis* y en el ecosistema bofedal identificamos *Lactobacillus acidophilus* y *L. lactis*, así como *Saccharomyces cerevisiae* y *Streptomyces albus*.

**SEGUNDO:** Los microorganismos de bosque se acercan a los parámetros requeridos para una degradación rápida de M.O. seguida de la mezcla de microorganismos, bofedal, EM-1 y pastizal, lo que se ratifica por el análisis de varianza y la prueba de tukey que no reporta significancia entre tratamientos; esto se comprueba con los parámetros exigidos por las NTP, FAO Y OMS donde el máximo permitido es 1.5% de nitrógeno, 1.5% en el potasio y M.O. mayor al 20%; ya que en todos los tratamientos variaron de 1.85% a 2.12% de nitrógeno, en el potasio variaron de 1.82% a 2.1% y de la M.O. de 37.14% a 42.54%; el resultado indica que el compost está en proceso de degradación y estabilización.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda que en las próximas investigaciones los sustratos usados para la captura sean cocinados y triturarlos para una mejor captura de microorganismos, además se pruebe con otros granos andinos para saber si son mejores receptores de microorganismos.

Realizar pruebas moleculares PCR para determinar con exactitud qué tipo de microorganismos son capturados.

**SEGUNDA:** La elaboración del compost, se debe realizar en tiempos mayores de 60 días.

Validar los microorganismos identificados en volúmenes mayores de materia orgánica.

Recomiendo la utilización de microorganismos nativos de los diferentes ecosistemas para el uso de los productores en el campo por su fácil obtención, uso y manejo orgánico.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, S., Piraneque, N., & Cruz, R. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93–112. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- Albarracín, K. (2019). *Elaboración de bocashi utilizando microorganismos en diferentes dosis, preparado con estiércol y residuos vegetales en el cantón Quevedo*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3839/1/T-UTEQ-0187.pdf>
- Alvarez, C., Kari, A., Echegaray, N., Huaraca, R., Flores, N., & Barreto, J. (2022). Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *C&T Riqchary*, 4(1), 39–45. <https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.87>
- Alvarez, M. (2018). Caracterización De Microorganismos Benéficos Provenientes De Tres Pisos Altitudinales De Azuay - Ecuador Y Su Influencia En El Cultivo De Fresa. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2013). *Biología. La vida en la tierra con fisiología* (9º Edición, Vol. 0).
- Avila, M. D. P. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>
- Baldoceca, Á., Maldonado, M., & Alcántara, F. (2022). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Ciencia & Desarrollo*, 20(2), 17–28. <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.2.1204>
- Bravo, D. (2024). Los microorganismos como sujeto de derechos. *La Naturaleza Con*



- Derechos*, 146. <https://www.garn.org/wp-content/uploads/2024/01/LOS-MICROORGANISMOS-COMO-SUJETO-DE-DERECOS.pdf>
- Carrasco, J., Millas-Ortiz, P., Santelices, C., & Castro, J. F. (2020). Identificación de Microorganismos. *Boletín Inia N° 428*, 155–182.
- Condori, X. (2020). *Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la estación experimental Patacamaya*. Universidad Mayor de San Andrés.
- De Erice, E., & Gonzales, J. (2012). *Biología la ciencia de la vida* (2° Edición).
- Decreto Supremo 011-2012-ED. (2019). Informe defensorial N° 181-2019-DP. *Diario Oficial*, 10–15. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>
- Delgado, S. (2023). *Caracterización de microorganismos para uso agroindustrial aislados de un bosque primario en el Canton Cumandá*. Escuela superior Politecnica de Chimborazo.
- Diaz, D. (2020). *Metabolismo de Nutrientes , Indicadores Biofísicos y Sostenibilidad Agroambiental en los Sistemas Agropecuarios de Argentina: La Huella de Nutrientes de la Agricultura Argentina*. [https://www.researchgate.net/profile/Diego-Diaz-De-Astarloa/publication/377636258\\_Nutrient\\_metabolism\\_biophysical\\_indicators\\_and\\_agro-environmental\\_sustainability\\_in\\_agricultural\\_systems\\_of\\_Argentina\\_PhD\\_thesis/links/65b0f2d16c7ad06ab4263a36/Nutrient-meta](https://www.researchgate.net/profile/Diego-Diaz-De-Astarloa/publication/377636258_Nutrient_metabolism_biophysical_indicators_and_agro-environmental_sustainability_in_agricultural_systems_of_Argentina_PhD_thesis/links/65b0f2d16c7ad06ab4263a36/Nutrient-meta)
- Enríquez, J., & Viera, J. (2010). *Caracterización preliminar de aislamiento de microorganismos, mediante la tecnica de E.M., a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes*. Escuela Politecnica del Litoral.
- Gonzales, E., & Quispe, R. (2020). Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020. *Repositorio Institucional - UNH*, 95. <https://bit.ly/3uBUpUK>



- Guananga-Díaz, N., Guevara, L., Gonzáles, M., & Freytez, E. (2024). *Procesos Biológicos Aplicados a Las Aguas Residuales* (Compás). <https://www.researchgate.net/publication/378770111>
- Gutiérrez, F., Díaz, S., Rojas, Z., Gutiérrez, W., & Vallejos, L. (2019). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v . *vicus*) en Cajamarca. *Revista Perspectiva*, 20(4), 441–447. <https://doi.org/https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00057>
- Guzman, B. (2021). *Análisis de la eficiencia de los microorganismos de montaña en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. capitata) en la vereda Soagá, finca Los pinos (Ubaté-Cundinamarca)*. Universidad Santo Tomás.
- Heredía-abarca, G. (2020). La importancia de los hongos (Fungi) en los servicios ecosistémicos. *Bioagrocencias*, 13, 98–108.
- Hurtado, P., & Chuquimamani, B. (2021). *Optimización de la estabilización anaeróbica de residuos sólidos orgánicos mediante la aplicación de la vacuna gel*. 1–10.
- INACAL. (2021). *Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021*. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- Ipinza, R., Barros, S., De la Maza, C. L., Jofré, P., & González, J. (2021). Bosques y Biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(1), 101–132. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.475>
- Javier, L. A., Portal, E., & Alcántara, F. A. (2021). Evaluación de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos en función de la napa freática y precipitación utilizando imágenes de satélite. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 299–306. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.19521>
- Lara, A. (2024). *Efecto de los plaguicidas en la microbiota y en la respiración del suelo en la comunidad Utuñag del Canton Penipe provincia de Chimborazo* [Escuela Superior Politecnica Superior de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/22293/1/73T00075.pdf>
- López-Hontangas, J. L., Castillo, F. J., & Salavert, M. (2007). Técnicas de identificación.



- In *Microbiología Aplicada al Paciente Crítico* (pp. 27–41).  
<http://media.axon.es/pdf/65248.pdf>
- Madigan, M., Martiko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2015). *Brok. Biología de los microorganismos* (14th ed.). <https://booksmedicos.org/brock-biologia-de-los-microorganismos-14a-edicion/#more-136236>
- Manzanarez, L. (2022). Producción de microorganismos entomopatógenos para el control de insectos plaga en cultivos agrícolas. *Revista de Divulgacion Cientifica IBIO*, 4(2), 19–22.
- Martínez, J., & Henares, C. (2023). *Caracterización de Microorganismos Eficientes Nativos para su potencial uso en procesos de compostaje y biorremediación* [Universidad ORT Uruguay]. <http://hdl.handle.net/20.500.11968/6417>
- Decreto Legislativo N° 1278, Diario Oficial El Peruano 35 (2017).  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-Nº-1278.pdf>
- Moncayo, B. (2021). *Calidad de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con aplicación de microorganismos benéficos* [Universidad Católica de Cuenca].  
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11028>.
- Muñoz, K., Valencia, G., Perez, B., & Ortega, L. (2024). *Tagetes erecta Y Azotobacter vinelandii INMOVILIZADAS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE DIÉSEL EN SUELOS AGRÍCOLAS*. 619–630.
- Murillo, S., Mendoza, A., & Fadul, C. (2019). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *La Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustrial*, 7(1), 58–68.  
<https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Pérez, R., & Trinidad, R. (2022). *Manual Para El Aislamiento Y Caracterización De Bacterias Ácido Lácticas*. Universidad De Ciencias Y Artes De Chiapas.
- Ramón, J. R. (2020). Microorganismos Eficientes Y Su Empleo En La Protección Fitosanitaria De Los Cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(January), 102–109.



- Reynoso, M. M., Magnoli, C. E., Barros, G. G., & Demo, M. S. (2024). *Manual de microbiología general*. <https://libretexts.org>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: experiencias en america latina*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86a00877-877d-4fa7-8608-32071e1464d8/content>
- Rosabal, L. R., Macías, P. M., Maza, M., & López, R. (2021). *Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático*. 0, 104–117. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14%0A>
- Salas, M., Rojas, D., Juárez, C., & García, J. (2024). Edición especial 2024. *Avance y Perspectiva*, 56–57. [https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/wp-content/uploads/2024/09/REVISTA-AYP-SEP24\\_.pdf#page=58](https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/wp-content/uploads/2024/09/REVISTA-AYP-SEP24_.pdf#page=58)
- Salvatierra, K. (2022). Aplicación de microorganismos eficaces en la obtención de bokashi mejorado a partir de residuos orgánicos domiciliarios. *Repositorio*. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12392/4/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Palomino\\_Salvatierra\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12392/4/IV_FIN_107_TE_Palomino_Salvatierra_2022.pdf)
- Sanchez, C. (2022). *Identificación de Microorganismos Mediante la Captura en Dos Terrazas Agrícolas en el Campus Salache, Latacunga, Cotopaxi* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Sánchez, M., Saldarriaga, J., Gallo, N., López, J., & López, A. (2014). evaluación del potencial de bio-acumulación de fósforo in vitro y biofertilizante de un microorganismo edáfico. *Fragua*, 7(14), 113–124. [www.udem.edu.co](http://www.udem.edu.co)
- Sarmiento, C. (2022). *Agroecología a la carta*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/202600>
- Sarmiento, F., & Sarmiento, E. (2021). *Flancos Andinos: Paleoecología, Biogeografía Crítica y Ecología Política en los Climas Cambiantes de los Bosques Neotropicales de Montaña*.
- Siota, F. P., Petrucci, H., Sawczuk, N., & Morici, E. (2021). Rehabilitación de pastizales semiáridos: desarrollo de una cosechadora de semillas de gramíneas nativas.



- Multequina: Latin American Journal of Natural Resources*, 30(2), 157–164.
- Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología* (9° Edición). <http://latinoamerica.cengage.com>
- Tangarife, N. (2021). *Control biológico, la nueva era de la agricultura* [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.]. <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/e0039a0a-2ff2-4d5c-bc72-e875bcd328f1/content>
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019a). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103.
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019b). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Triana, W. (2019). *Utilización de cuatro sustratos para la captura de microorganismos eficientes autóctonos de montaña en una zona protegida en la Parroquia Patricia Pilar año 2019*. (Issue 1715958359). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Urure, I., Pacheco, L., Llerena, K., & Berrocal, P. (2024). Conocimiento y practicas sobre manejo de residuos solidos en estudiantes de una universidad publica. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 14. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202402.D003>
- UTP. (2021). Conociendo el patrimonio histórico y arqueológico de Pereira : El salado de consotá bajo una mirada interdisciplinar. *Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión*, 68. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/91438551/1289245519-libre.pdf?1663939425=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl\\_Salado\\_de\\_Consota\\_un\\_microcosmos\\_de\\_1.pdf&Expires=1731521775&Signature=XAbaltwVwaGqpCbQ-WfevoPsBrG0oUFUQI-wQnMDY3Qh6rPXbzD](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/91438551/1289245519-libre.pdf?1663939425=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl_Salado_de_Consota_un_microcosmos_de_1.pdf&Expires=1731521775&Signature=XAbaltwVwaGqpCbQ-WfevoPsBrG0oUFUQI-wQnMDY3Qh6rPXbzD)
- Valdés, A., Álvarez, V., García, Y., Salgado, P., Rodríguez, Y., & Pérez, E. (2022). Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes en indicadores bioproductivos y hematológicos de crías porcinas. *Revista Produccion Animal*,



34(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4118>

- Valverde, H., Fuentealba, B., Blas, L., & Oropeza, T. (2022). La Importancia De Los Pastizales Altoandinos Peruanos. *Inaigem (Instituto Nacional de Investigación En Glaciares y Ecosistemas de Montaña)*, 1–16. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/450>
- Vega, M., Valverde, A., Gonzales, F., Campo, M., & Illatopa, D. (2021). *Efectividad de microorganismos Eficaces en la Ecoeficiencia del Cultivo de Papa. 1*. <https://www.unheval.edu.pe>
- Vélez, A. (2023). *Valoración de microorganismos eficientes para manejo orgánico de hortalizas en el cantón Chone*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.
- Venegas, P., & Mestre, M. (2021). *Hacia una fertilización sustentable*. 18(32), 2–9.



## ANEXOS

### ANEXO 1 Muestra de pastizal

Muestra	Substratos		
	Cebada	Trigo	Arroz
1	Se observa que el material usado para la captura esta ligeramente húmedo con algunas partes presentan color plomo y negro parecido a cenizas	El trigo se observa un poco más húmedo y pegajoso con algunos colores de color rojo y algunas partes con algún tipo de moho	Se observa con más contundencia la presencia de hongos y mohos, se presentan colores rojos, negro, plomo
2	Observamos la textura se siente seca, pero con algunos puntos negros	Observamos poca presencia de moho algunos granos de trigo presentan color rojo	Presenta hongos y mohos, presentan colores anaranjados cafés, negro
3	Algunos granos de cebada se volvieron de color negro, otros con puntos negros	Presentan algunos mohos, también se observa que un grano de trigo esta de color verde, algunas partes se observó un color rojizo y otros un color café.	Se observa una fuerte degradación a causa de los hongos y mohos, se observa colores rojos, negros, cafés

Nota: observación visual del estado del sustrato obtenido del ecosistema pastizal

### ANEXO 2 Muestra bofedal

Muestra	Sustratos		
	Cebada	Trigo	Arroz
1	Esta muestra se rompió, se salió la muestra, se recogió un poco el cual presento puntos de color negro.	Se observa que hay presencia de exudación, algunos granos se volvieron color plomo.	El arroz se volvió lechoso, algunos puntos negros.
2	Observamos la textura se siente seca, pero con algunos puntos negros.	Observamos poca presencia de moho algunos granos de trigo presentan color rojo.	El arroz se volvió lechoso, presentan algunos colores amarillos y plomos en algunas partes.
3	Presentan algunos puntos negros.	Presentan algunos presentan en cada grano una degradación de color blanco.	El arroz se volvió lechoso, presenta algunos puntos, una pequeña parte presenta coloración granate a café.

Nota: observación visual del estado del sustrato del ecosistema bofedal



### ANEXO 3 Muestra de bosque

Muestra	Substratos		
	Cebada	Trigo	Arroz
1	Se observa que el material esta ligeramente húmedo con puntos negros.	Se observa que algunos granos se tornaron de color café a plomo.	Hay mayor presencia de mohos y hongos tienen un color plomo, algunos puntos de color negro y otro de color rojizos.
2	Ha presencia de algunos puntos negros.	Observamos poca presencia de moho algunos granos de trigo presentan color rojo	Presenta hongos y mohos de color plomo con puntuaciones negras, presentan colores anaranjados, amarillos y verdes.
3	Se presentan puntos negros, y crecimiento de mohos.	Presentan algunos mohos, algunos granos se tornaron de color plomo, y presentan algunos colores rojizos.	Se observo la presencia de mohos y hongos, algunas partes de color plomo, otras verde, una parte de color rojo y en pequeñas partes existe un color amarillo.

Nota: observación visual del estado del sustrato del ecosistema bosque

### ANEXO 4 Emisión de gases

#### EMISIÓN DE GASES PASTIZAL

Muestra	Cebada	Trigo	Arroz
1	Mínima	Bastante	Bastante
2	Mínima	Normal	Normal
3	Normal	Normal	Bastante

#### EMISIÓN DE GASES BOFEDAL

Muestra	Cebada	Trigo	Arroz
1	Mínima	Normal	Bastante
2	Normal	Normal	Normal
3	Normal	Normal	Bastante

#### EMISIÓN DE GASES BOSQUE

Muestra	Cebada	Trigo	Arroz
1	Normal	Bastante	Bastante
2	Normal	Normal	Bastante
3	Normal	Normal	Bastante

Nota: Emisión de gases de los sustratos en cada tubo de ensayo



## ANEXO 5 Formas de los microorganismos

<b>MUESTRAS DE PASTIZAL</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Cebada</b>	<b>Trigo</b>	<b>Arroz</b>
<b>1</b>	Esféricas	Esféricas	Ovoides grandes
	Ovoides pequeñas	Ovoides pequeñas Hifas Alargados	Ovoides pequeñas
<b>2</b>	Ovoides grandes	Ovoides grandes	Ovoides grandes
	Ovoides pequeñas alargadas	Ovoides pequeñas Alargados delgados	Ovoides pequeñas
<b>3</b>	Ovoides grandes	Esféricas	Cuadrado o rectangular
	Ovoides pequeñas	Ovoides	

<b>MUESTRAS DE BOFEDAL</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Cebada</b>	<b>Substratos</b>	
		<b>Trigo</b>	<b>Arroz</b>
<b>1</b>	Ovoides grandes	Esféricas pequeñas	Ovoides pequeñas
		Ovoides grandes	
<b>2</b>	Esféricas pequeñas	Ovoides grandes	Esféricas pequeñas Ovoides grandes
		Ovoides grandes y alargados	Ovoides pequeños

<b>MUESTRAS DE BOSQUE</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Cebada</b>	<b>Substratos</b>	
		<b>Trigo</b>	<b>Arroz</b>
<b>1</b>	Ovoides grandes	Esféricas pequeñas	Ovoide grande
	Ovoides pequeñas	Ovoides grandes Ovoides alargados	Ovoides pequeños Ovoides alargados
<b>2</b>	Ovoides grandes	Ovoides pequeños	Esféricas pequeñas Ovoides pequeños
	Esféricas pequeñas	Ovoides grandes Ovoides pequeños	Ovoides grandes

Nota: observaciones realizadas a través del microscopio

## ANEXO 6 Tinción Gram de las muestras seleccionadas

Foto 1. Muestra 2 pastizal

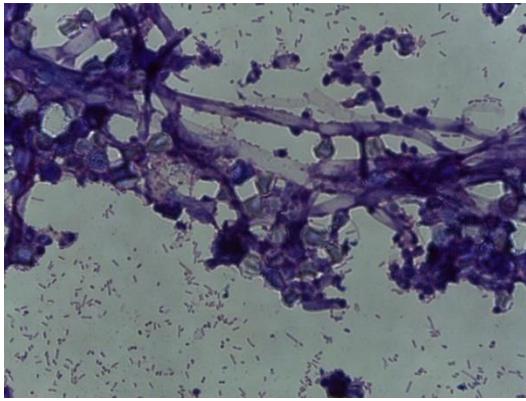
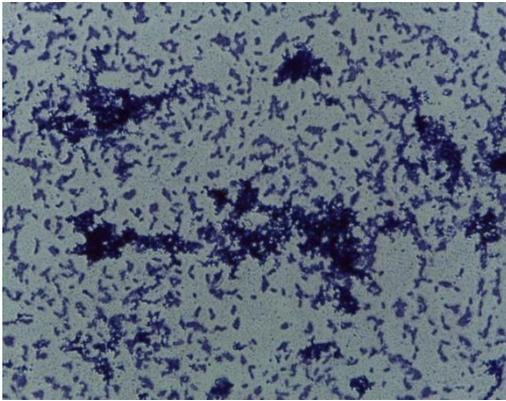


Foto 2. Muestra 4 pastizal

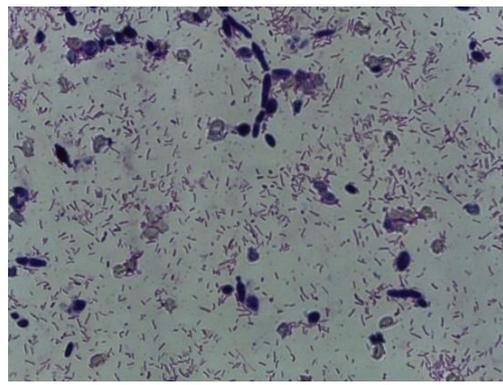
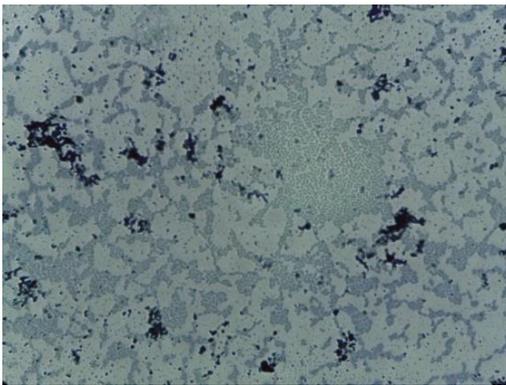


Foto 3. Muestra 4 pastizal

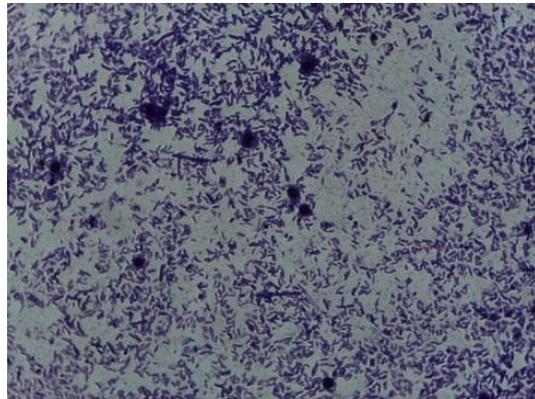
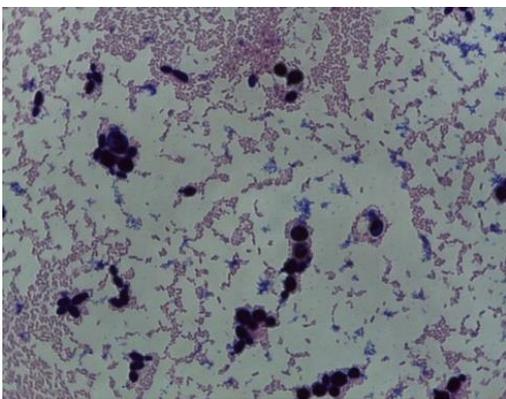


Foto 4. Muestra 9 pastizal

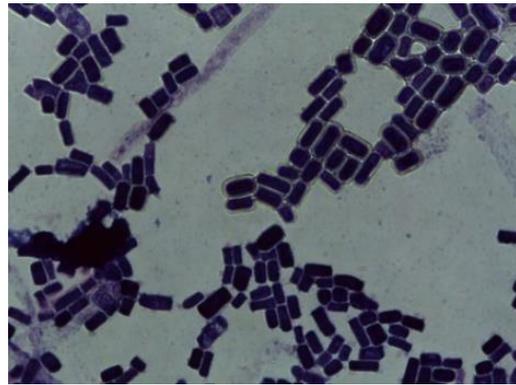
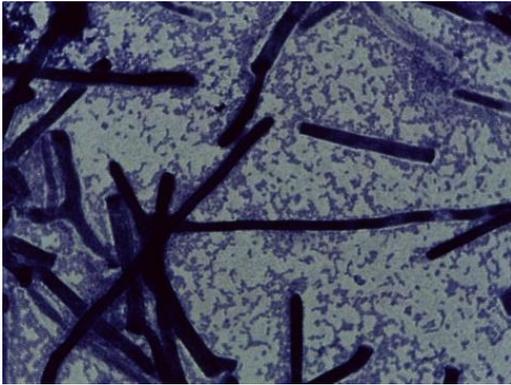


Foto 5. Muestra 1 bofedal

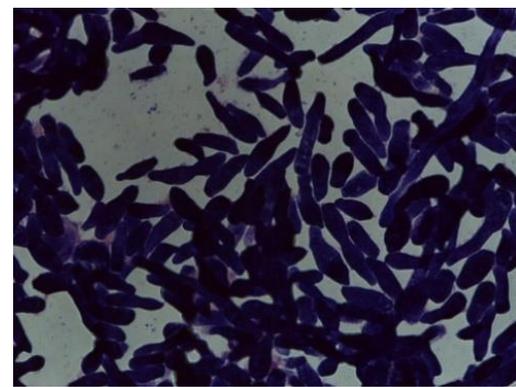
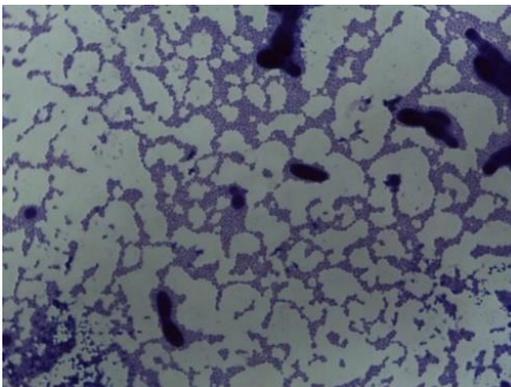


Foto 6. Muestra 5 bofedal

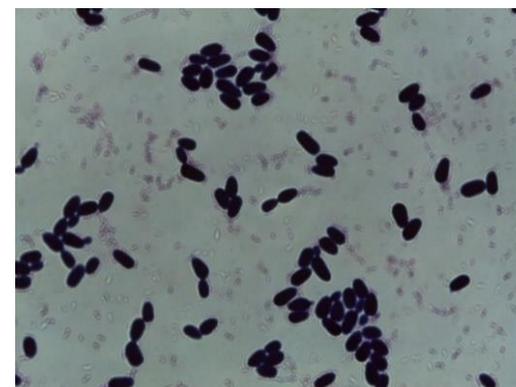
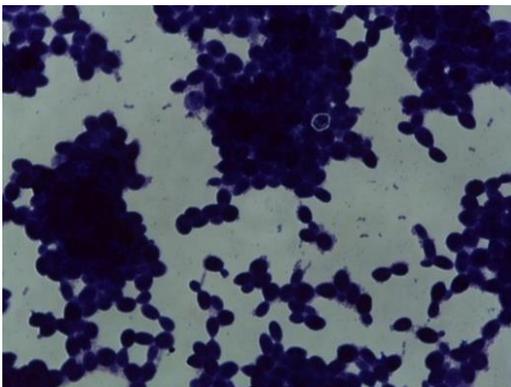


Foto 7. Muestra 6 bofedal

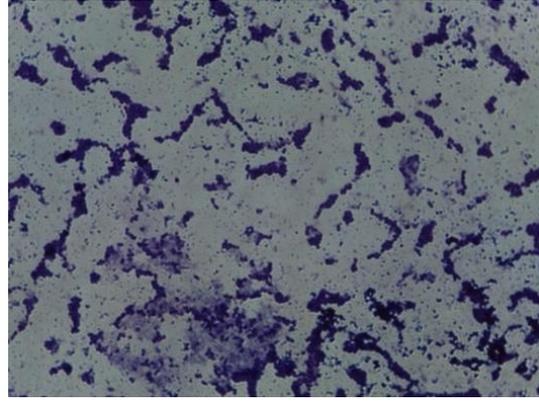
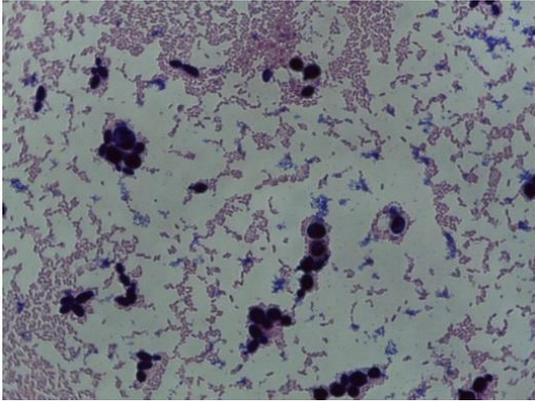


Foto 8. Muestra 7 bofedal

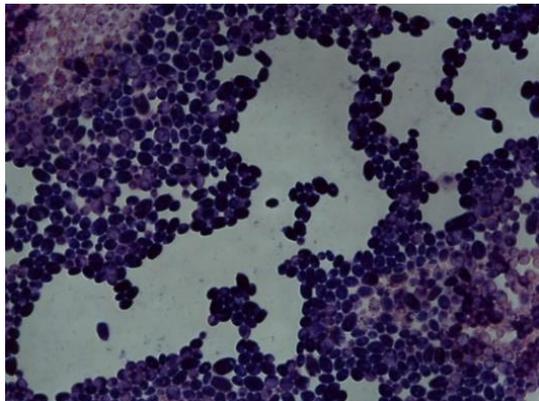
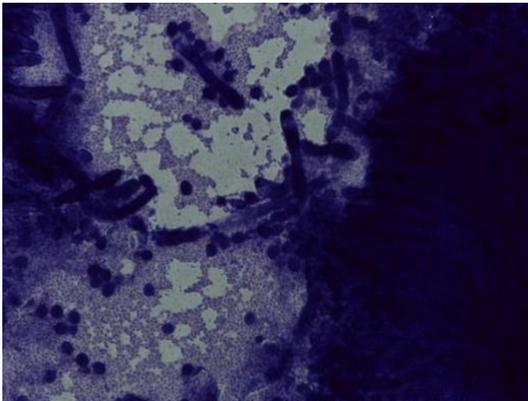


Foto 9. Muestra 9 bofedal

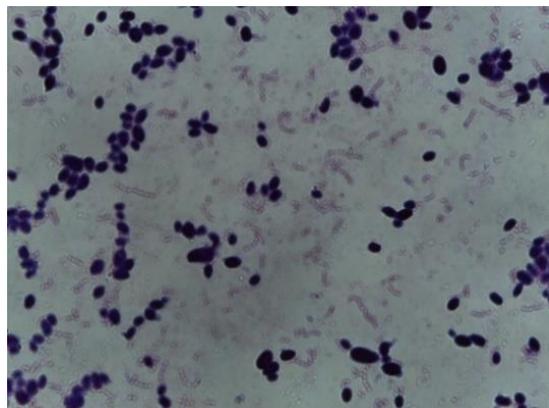
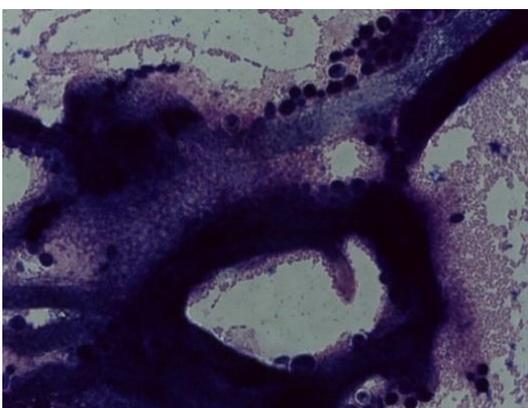


Foto 10. Muestra 2 bosque

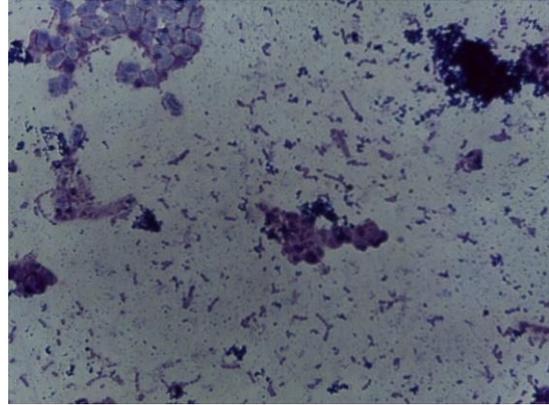
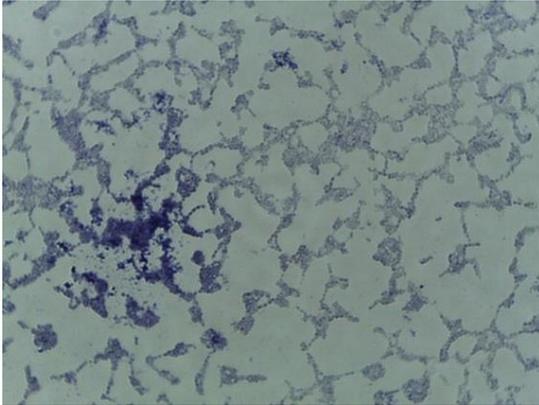


Foto 11. Muestra 3 bosque

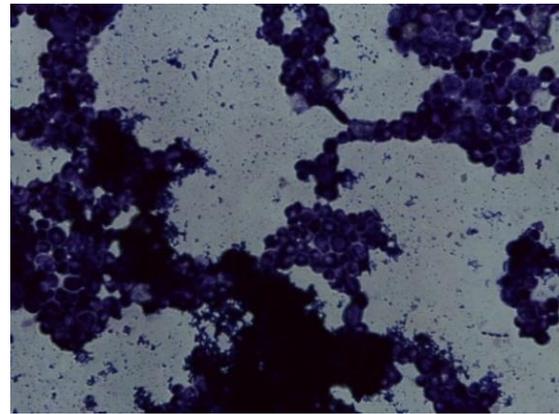
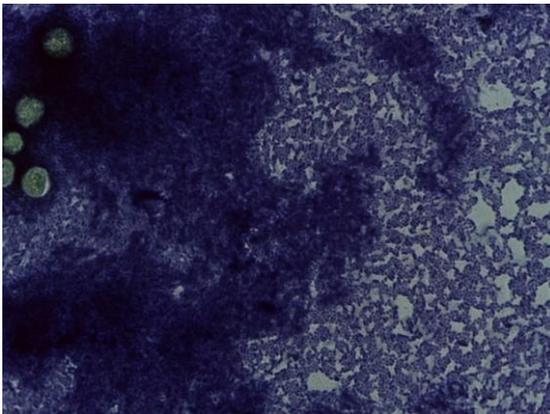


Foto 12. Muestra 5 bosque

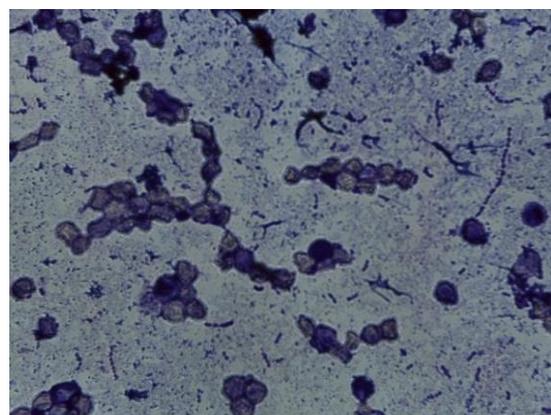
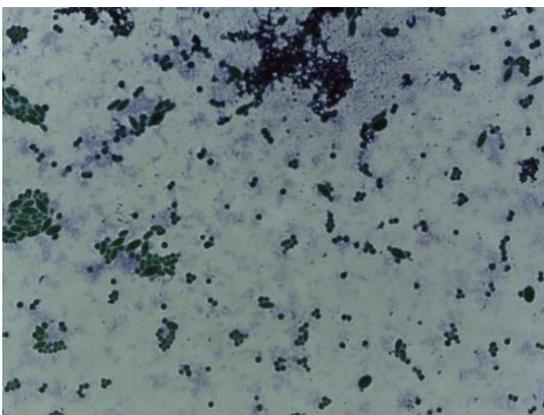


Foto 13. Muestra 8 bosque

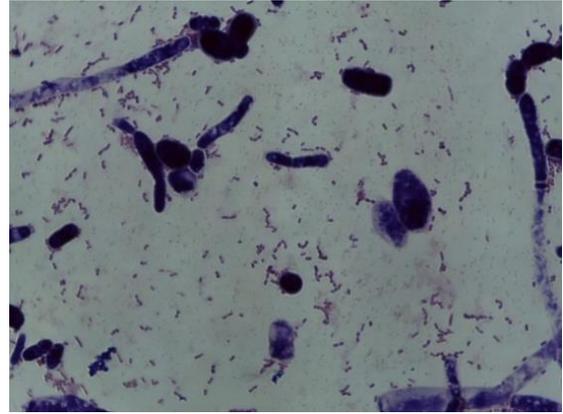
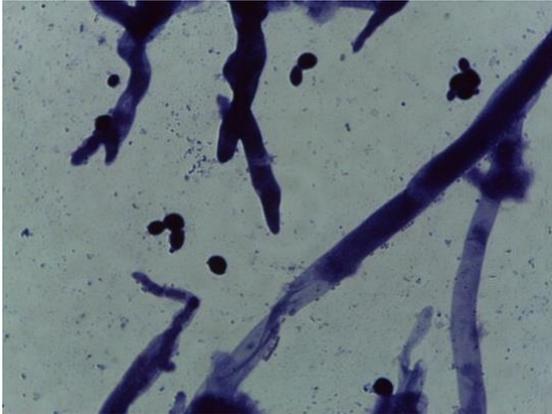
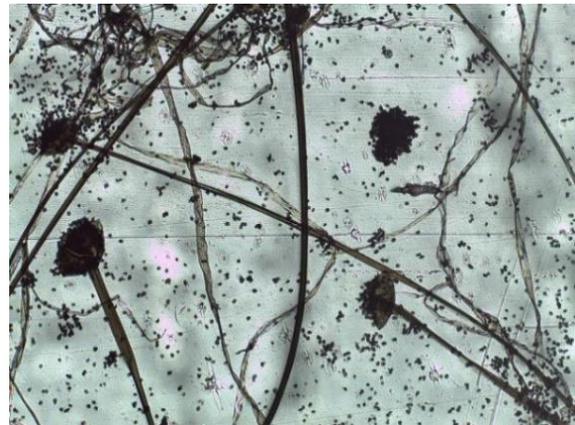
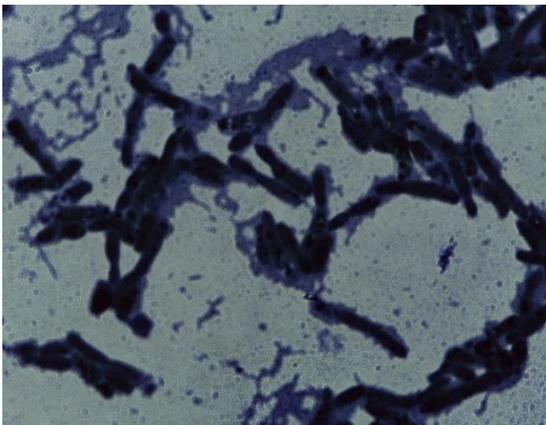


Foto 14. Muestra 9 bosque



**ANEXO 7** Cuadro de datos para realizar el análisis de varianza de los sustratos.

		Presencia de microorganismos debido a:	Colores observados	Emisión de gases	Microorganismos observados	Muestras seleccionadas
<b>PASTIZAL</b>	cebada	M1	2	1	2	0
		M2	1	1	2	1
		M3	1	2	2	0
	trigo	M1	1	3	3	1
		M2	1	2	3	0
		M3	3	2	2	0
	arroz	M1	3	3	2	0
		M2	3	2	2	1
		M3	3	3	1	1
<b>BOFEDAL</b>	cebada	M1	1	1	1	1
		M2	1	2	1	0
		M3	0	2	2	0
	trigo	M1	1	2	2	0
		M2	1	2	1	1
		M3	1	2	1	1
	arroz	M1	1	3	1	1
		M2	2	2	2	0
		M3	2	3	1	1
<b>BOSQUE</b>	cebada	M1	1	2	2	0
		M2	1	2	2	1
		M3	1	2	1	1
	trigo	M1	2	3	3	0
		M2	2	2	1	1
		M3	2	2	2	0
	arroz	M1	4	3	3	0
		M2	5	3	2	1
		M3	5	3	1	1

Nota: Se cuantifico de acuerdo a la cantidad de colores observados, emisión de gases (leve=1, fuerte=2, muy fuerte=3), cuantos microorganismos han sido encontrados en cada tubo de ensayo y si fueron seleccionadas para repique (si=1 y no=0).



El test de Shapiro para determinar si tiene una distribución normal y de Bartlett para la homogeneidad entre los sustratos y los ecosistemas

<b>Test de Bartlett</b>	
<b>p- valúe</b>	0.1938
<b>coeficiente de varianza</b>	57.8

Prueba de Tukey de intervalos de confianza entre sustratos y ecosistemas

<b>Tukey Al 95%</b>	<b>Diferencia Media</b>	<b>P-Ajustado</b>
<b>Cebada - Arroz</b>	-1	0.66
<b>Trigo - Arroz</b>	-1.67	0.32
<b>Trigo - Cebada</b>	-0.67	0.83

<b>Tukey Al 95%</b>	<b>Diferencia Media</b>	<b>P-Ajustado</b>
<b>Bosque- Bofedal</b>	1.92	0.23
<b>Pastizal - Bofedal</b>	1.17	0.57
<b>Pastizal - Bosque</b>	-0.75	0.79

	<b>RESP</b>	<b>std</b>
<b>Arroz</b>	5.75	3.41
<b>Cebada</b>	4.75	2.96
<b>Trigo</b>	4.08	1.98
<b>Bosque</b>	21.29	a
<b>Pastizal</b>	19.50	a
<b>Bofedal</b>	14.71	a



## ANEXO 8 Cuadro de datos para el análisis estadístico de la temperatura

control	A	A	A	B	B	B	C	C	C	EM	mezcla	promedio de A	promedio de B	promedio de C
15/06/2024	20.3	19.6	18.7	18	17.5	17.1	16.7	16.4	15.9	15.7	15.2	19.5	17.5	16.33
17/06/2024	25.1	26.3	27.4	27.6	27.9	28	26.7	27.1	27.3	26	26.9	26.3	27.8	27.03
19/06/2024	25.4	27	28	32	31.8	30.9	30.2	30.9	31.5	29.1	28.2	26.8	31.6	30.87
21/06/2024	28.9	27.9	27.9	28.2	29.3	28.9	27.9	27.9	28.4	28.1	27.8	28.2	28.8	28.07
23/06/2024	20.2	19	18.1	18.1	18.3	18.4	17.3	17.4	17.7	17.7	17.7	19.1	18.3	17.47
25/06/2024	21	20	19.4	18.2	18.4	18.3	18	19.9	17.9	18.4	19.0	20.1	18.3	18.60
27/06/2024	20.3	20.9	20.2	20.4	20.5	20.3	20.2	20	20.2	20.3	20.2	20.5	20.4	20.13
29/06/2024	19.9	19.3	19.1	19.1	19	18.8	19.3	19.1	19	19.2	18.9	19.4	19.0	19.13
1/07/2024	20.8	19.7	19.1	18.2	18.4	18.1	18.4	18.2	18.3	18.3	18.6	19.9	18.2	18.30
3/07/2024	20.7	19.8	19.5	18.9	19.2	19.2	19.8	20	19.8	19.8	19.5	20.0	19.1	19.87
5/07/2024	19.8	19.6	18.3	16.5	17	17.2	17.3	17.4	17.4	16.9	17.4	19.2	16.9	17.37
7/07/2024	24.2	24.5	24.8	24.5	24.6	24.5	24.7	24.5	24.2	24.2	24.8	24.5	24.5	24.47
9/07/2024	26.5	28	26.7	27	28.1	27.1	27.7	28	27.1	27.8	27.6	27.1	27.4	27.60
11/07/2024	26	28	26.9	26.8	28.1	26.4	27.3	28	27.5	25.7	25.0	27.0	27.1	27.60
13/07/2024	25.5	27.1	25.6	26.4	27	25.1	26.9	27.1	26.3	26.6	26.3	26.1	26.2	26.77
15/07/2024	24.5	28.6	27.1	26.7	28.4	26.6	28.1	28.6	27.5	26.6	26.2	26.7	27.2	28.07
17/07/2024	20.5	21	20.4	20.9	21	20.3	21.3	21	20.8	20.2	20.0	20.6	20.7	21.03
19/07/2024	25.6	27.1	27.1	25.3	27.1	27	26.5	27.1	27.4	26.8	26.6	26.6	26.5	27.00
21/07/2024	18.3	20.4	20.8	18.9	19.9	20.6	19.5	20.4	20.8	20.7	20.5	19.8	19.8	20.23
23/07/2024	21.3	22.6	22.8	21.9	22.5	22.5	22.3	22.6	22.8	22.2	22.0	22.2	22.3	22.57
25/07/2024	23.3	26.2	26	24.5	25.9	25.8	25	26.2	26.3	25.8	25.6	25.2	25.4	25.83
27/07/2024	21.1	22.1	21.8	22	22.3	21.1	22.6	22.1	22	22	21.7	21.7	21.8	22.23
29/07/2024	21.2	21.2	21.6	21.4	21.4	21.8	21.3	21.2	21.5	21.2	21.0	21.3	21.5	21.33
31/07/2024	22.2	22	21.4	22.4	21.8	22.5	22.3	22	21.6	22	21.9	21.9	22.2	21.97
2/08/2024	20.5	21.8	21.3	20.7	21.8	21.9	21.1	21.8	22.2	21.3	22.1	21.2	21.5	21.70
4/08/2024	20.2	21.4	21.6	20.7	21.1	21.5	20.8	21.4	21.7	21.4	21.7	21.1	21.1	21.30
6/08/2024	22.1	21.6	21.9	22.2	21.7	21.6	21.8	21.6	21.8	21.6	21.3	21.9	21.8	21.73
8/08/2024	18.2	20.3	20.7	19	20	20.8	19.4	20.3	20.5	20.8	20.6	19.7	19.9	20.07
10/08/2024	23.1	22.1	22.4	23.2	22.3	22.5	22.5	22.1	22.1	22.2	21.9	22.5	22.7	22.23
12/08/2024	23	21.4	21.8	22.5	21.3	21.5	21.6	21.4	21.8	21.1	21.6	22.1	21.8	21.60
14/08/2024	21.3	21.2	20.6	21.4	21.2	20.8	21.5	21.2	20.7	20.7	20.8	21.0	21.1	21.13

Elaboración propia: A=bosque, B= bofedal, C= pastizal

### Análisis de varianza para la temperatura

	Gl	suma de cuadrados	media cuadrática	F	sig.
<b>Temperatura</b>	4	3.6	0.905	0.074	0.99
<b>Residuales</b>	150	1826.7	12.178		



El test Bartlett para la homogeneidad entre la temperatura y la aplicación de microorganismos de los ecosistemas en la elaboración del compost

<b>Test de Bartlett</b>	
<b>p- valúe</b>	0.66
<b>coeficiente de varianza</b>	
<b>15.56</b>	

Prueba de Tukey para el intervalo de confianza entre las temperaturas y los microorganismos de cada ecosistema aplicado al compost

Tukey al 95%	Diferencia media	p-ajustado
Mezcla-EM	-0.06	0.998
Bosque-EM	0.28	0.998
Bofedal-EM	0.26	0.998
Pastizal-EM	0.30	0.997
Bosque-Mezcla	0.34	0.995
Bofedal-Mezcla	0.32	0.997
Pastizal-Mezcla	0.35	0.994
Bofedal-Bosque	-0.03	0.999
Pastizal-Bosque	0.01	1.000
Pastizal-Bofedal	0.04	0.999

	RESP	std
Mezcla	22.21	3.42
Em	22.27	3.51
Bofedal	22.53	3.76
Bosque	22.55	2.93
Pastizal	22.57	3.77
Mezcla	22.2129	a
Em	22.27097	a
Bofedal	22.52903	a
Bosque	22.55484	a
Pastizal	22.56774	a



## ANEXO 9 Análisis estadístico de la humedad

control	A	A	A	B	B	B	C	C	C	EM	mezcla	promedio de A	promedio de B	promedio de C
15/06/2024	43	46	47	49	53	54	53	51	52	55	58	45.33	52.00	52.00
17/06/2024	44	42	38	44	43	37	40	38	41	42	35	41.33	41.33	39.67
19/06/2024	50	53	46	52	48	46	47	43	48	50	40	49.67	48.67	46.00
21/06/2024	52	53	51	55	50	53	47	49	50	55	42	52.00	52.67	48.67
23/06/2024	55	53	48	60	60	52	57	59	53	51	54	52.00	57.33	56.33
25/06/2024	50	58	59	58	56	58	56	48	63	56	49	55.67	57.33	55.67
27/06/2024	53	66	66	58	64	66	67	69	70	64	63	61.67	62.67	68.67
29/06/2024	57	63	62	67	65	66	63	69	67	61	62	60.67	66.00	66.33
1/07/2024	57	58	60	66	62	65	67	64	68	67	65	58.33	64.33	66.33
3/07/2024	60	65	66	70	64	64	64	61	59	66	63	63.67	66.00	61.33
5/07/2024	50	52	65	72	68	68	69	68	69	62	60	55.67	69.33	68.67
7/07/2024	45	46	47	47	43	53	47	46	51	49	49	46.00	47.67	48.00
9/07/2024	57	65	59	60	58	63	68	65	67	65	62	60.33	60.33	66.67
11/07/2024	51	43	59	51	43	58	44	43	62	53	56	51.00	50.67	49.67
13/07/2024	61	63	59	66	64	66	65	63	70	63	61	61.00	65.33	66.00
15/07/2024	77	70	70	74	69	72	70	70	71	71	73	72.33	71.67	70.33
17/07/2024	68	64	66	70	64	63	73	64	71	67	63	66.00	65.67	69.33
19/07/2024	76	69	67	73	73	73	69	69	72	71	68	70.67	73.00	70.00
21/07/2024	59	54	57	57	55	58	61	54	56	54	54	56.67	56.67	57.00
23/07/2024	45	44	46	44	43	45	46	44	45	43	44	45.00	44.00	45.00
25/07/2024	53	60	60	61	59	58	64	60	62	57	59	57.67	59.33	62.00
27/07/2024	58	62	62	62	61	63	59	62	66	60	62	60.67	62.00	62.33
29/07/2024	64	62	69	63	63	64	61	62	69	65	67	65.00	63.33	64.00
31/07/2024	74	78	78	74	74	74	75	78	77	77	74	76.67	74.00	76.67
2/08/2024	72	75	73	70	78	74	74	75	75	66	64	73.33	74.00	74.67
4/08/2024	59	68	72	65	65	69	64	68	70	74	72	66.33	66.33	67.33
6/08/2024	60	69	73	67	68	72	68	69	72	74	74	67.33	69.00	69.67
8/08/2024	70	73	72	71	71	74	73	73	73	74	73	71.67	72.00	73.00
10/08/2024	59	73	72	69	69	74	68	73	74	73	74	68.00	70.67	71.67
12/08/2024	59	73	74	61	67	75	68	73	75	76	77	68.67	67.67	72.00
14/08/2024	69	78	75	65	73	74	68	78	76	75	78	74.00	70.67	74.00



### Análisis de varianza para la humedad

	GL	Suma De Cuadrados	Media Cuadrática	Sig.
<b>Temperatura</b>	4	100	0.25	0.909
<b>Residuales</b>	150	14939		

El test de Bartlett para la homogeneidad entre la humedad y la aplicación de microorganismos de los ecosistemas en la elaboración del compost

<b>Test de Bartlett</b>	
<b>p- valúe</b>	0.83
<b>coeficiente de varianza</b>	<b>16.17</b>

Test de Tukey para el intervalo de confianza entre las temperaturas y los microorganismos de cada ecosistema aplicado al compost

<b>Tukey Al 95%</b>	<b>Diferencia Media</b>	<b>P-Ajustado</b>
<b>Bofedal-Bosque</b>	1.52	0.974
<b>Pastizal-Bosque</b>	2.08	0.923
<b>EM-Bosque</b>	1.98	0.935
<b>Mezcla-Bosque</b>	0.66	0.998
<b>Pastizal-Bofedal</b>	0.56	0.999
<b>EM-Bofedal</b>	0.46	0.999
<b>Mezcla-Bofedal</b>	-0.86	0.997
<b>EM-Pastizal</b>	-0.1	0.999
<b>Mezcla-Pastizal</b>	-1.42	0.980
<b>Mezcla-EM</b>	-1.32	0.985
<b>Pastizal</b>	62.55161	a
<b>Em</b>	62.45161	a
<b>Bofedal</b>	61.99032	a
<b>Mezcla</b>	61.12903	a
<b>Bosque</b>	60.46774	a



## ANEXO 10 Datos para análisis estadístico de los compostajes

<b>Bloque</b>	<b>Trat.</b>	<b>Resp.</b>	<b>resp2 (ajuste de datos)</b>
<b>pH</b>	BOSQUE	8.01	2.83
<b>pH</b>	BOFEDAL	7.97	2.82
<b>pH</b>	PASTIZAL	7.87	2.80
<b>pH</b>	EM	7.55	2.75
<b>pH</b>	MEZCLA	7.66	2.77
<b>ce</b>	BOSQUE	6.7	2.59
<b>ce</b>	BOFEDAL	5.58	2.36
<b>ce</b>	PASTIZAL	6.19	2.49
<b>ce</b>	EM	7.78	2.79
<b>ce</b>	MEZCLA	6.28	2.50
<b>N</b>	BOSQUE	1.85	1.36
<b>N</b>	BOFEDAL	2.05	1.43
<b>N</b>	PASTIZAL	2.12	1.46
<b>N</b>	EM	2.06	1.43
<b>N</b>	MEZCLA	2.04	1.43
<b>K</b>	BOSQUE	1.82	1.35
<b>K</b>	BOFEDAL	2.01	1.42
<b>K</b>	PASTIZAL	2.1	1.45
<b>K</b>	EM	1.95	1.40
<b>K</b>	MEZCLA	2	1.41
<b>P</b>	BOSQUE	0.6	0.77
<b>P</b>	BOFEDAL	0.7	0.84
<b>P</b>	PASTIZAL	0.8	0.89
<b>P</b>	EM	0.7	0.83
<b>P</b>	MEZCLA	0.7	0.84
<b>MO</b>	BOSQUE	37.14	6.09
<b>MO</b>	BOFEDAL	41.12	6.41
<b>MO</b>	PASTIZAL	42.54	6.52
<b>MO</b>	EM	41.27	6.42
<b>MO</b>	MEZCLA	40.92	6.40
<b>%H</b>	BOSQUE	71.4	8.45
<b>%H</b>	BOFEDAL	73.82	8.59
<b>%H</b>	PASTIZAL	71.87	8.48
<b>%H</b>	EM	73.71	8.58
<b>%H</b>	MEZCLA	69.52	8.34

## Cuadro de análisis de varianza para los tratamientos analizados en laboratorio

	GL	Suma De Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.	
<b>Parámetros</b>	6	22381	3730	3389.734	<2e-16	***
<b>Tratamientos</b>	4	6	1	1.323	0.29	
<b>Residuales</b>	24	26	1			

El test de Shapiro para determinar si tiene una distribución normal y de Bartlett para la homogeneidad entre los parámetros fisicoquímicos y la aplicación de microorganismos en la elaboración del compost

<b>Test de Bartlett</b>	
<b>p- valúe</b>	4.35E-11
<b>coeficiente de varianza</b>	<b>55.76</b>

## Análisis de varianza con resultados con ajuste de datos

	GL	Suma De Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.	
<b>Parámetros</b>	6	251.36	41.89	4626.02	<2e-16	***
<b>Tratamientos</b>	4	0.05	0.01	1.503	0.233	
<b>Residuales</b>	24	0.22	0.01			

<b>Test de Bartlett</b>	
<b>p- valúe</b>	0.002264
<b>coeficiente de varianza</b>	<b>27.91</b>

Test de Tukey para el intervalo de confianza entre las los parámetros y los microorganismos aplicados al compost

<b>Tukey al 95%</b>	<b>diferencia media</b>	<b>p-ajustado</b>
<b>bosque-bofedal</b>	-0.06	0.75
<b>EM-bofedal</b>	0.05	0.87
<b>mezcla-bofedal</b>	-0.03	0.98



<b>pastizal-bofedal</b>	0.03	0.97
<b>EM-bosque</b>	0.11	0.23
<b>mezcla-bosque</b>	0.03	0.96
<b>pastizal-bosque</b>	0.09	0.39
<b>mezcla-EM</b>	-0.075	0.58
<b>pastizal-EM</b>	-0.02	0.99
<b>pastizal-mezcla</b>	0.06	0.78

	<b>RESP</b>	<b>std</b>
<b>Pastizal</b>	3.46	2.92
<b>Em</b>	3.44	2.90
<b>Bofedal</b>	3.41	2.94
<b>Mezcla</b>	3.38	2.86
<b>Bosque</b>	3.34	2.86
<b>Pastizal</b>	19.57	a
<b>Em</b>	18.43	a
<b>Bofedal</b>	18.29	a
<b>Mezcla</b>	17.14	a
<b>Bosque</b>	16.57	a

#### ANEXO 11 Unidades formadoras de colonias

<b>MICROORGANISMOS DE:</b>	<b>UFC</b>
<b>Bofedal</b>	9225
<b>Mezcla de microorganismos</b>	9161
<b>EM-1</b>	8334
<b>Bosque</b>	8080
<b>Pastizal</b>	6807



## ANEXO 12 Parámetros de análisis de compost en laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



### ANÁLISIS DE COMPOST.

**PROCEDENCIA** : PUNO – PUNO.  
**INTERESADO** : LEONIDAS SANTIAGO RAMOS SURCO.  
**MOTIVO** : ANALISIS FÍSICO – QUÍMICO.  
**FECHA DE MUESTREO** : 18/11/2024 (por el interesado).  
**FECHA DE ANALISIS** : 18/11/2024.  
**LABORATORIO** : Agua y Suelo FCA – UNA

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	(B) BOSQUE	(B)BOFEDAL	(P)PASTIZAL	EM-COMERCIAL.	MEZCLA B-B-P.
pH		8.01	7.97	7.87	7.55	7.66
C.E	mS/cm	6.70	5.58	6.19	7.78	6.28

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Nitrógeno Total (NT)	%	1.85	2.05	2.12	2.06	2.04
Potasio Total (KT)	%	1.82	2.01	2.10	1.95	2.0
Fósforo Total (PT)	%	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7
Materia Orgánica (M.O.)	%	37.14	41.12	42.54	41.27	40.92
Humedad	%	71.40	73.82	71.87	73.71	69.52

#### INTERPRETACION:

La muestra analizada es en base seca la interpretación será por el interesado(a).



Dr. Evaristo Mamani Mamani  
JEFE DE LABORATORIO  
DE AGUAS Y SUELOS.



## ANEXO 13 Análisis de laboratorio de las unidades de formación de colonias



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



### RECUESTO DE MICROORGANISMOS

Muestra : Cultivos de microorganismos benéficos nativos  
Procedencia : Ciudad de Puno  
Motivo de análisis : Tesis: Captura, identificación y validación de la acción de microorganismos benéficos nativos y EM-1 en la transformación de la materia orgánica en el altiplano de Puno.  
Fecha de muestreo : 12 de junio del 2024  
Fecha de análisis : 12 de junio del 2024

### RESULTADOS

Mezcla de microorganismos 9161 UFC/ml  
EM-1 8334 UFC/ ml  
Pastizal 6807 UFC/ml  
Bofedal 9225 UFC/ml  
Bosque 8080 UFC/ml

Observación: Las muestras fueron recepcionadas en el Laboratorio

Puno, 14 de junio del 2024



Dr. Alberto Ccama Sulca  
Laboratorio de Microbiología FMVZ



## ANEXO 14 Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Peonidas Santiago Ramos Suarez,  
identificado con DNI 41988161 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Algeménica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“Captura, identificación y validación de la acción de  
microorganismos benéficos nativos y E.M-t en la transformación  
de la materia orgánica en el altiplano de Puno”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 27 de Noviembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 15 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Juan Carlos Santiago Ramos Suazo  
identificado con DNI 41988161 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica  
informo que he elaborado el/a  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“Captura, Identificación y Validación de la acción de microorganismos Benéficos nativos y EM-1 en la transformación de la materia orgánica en el Altiplano de Puno”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 27 de Noviembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella