

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**“TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS (PLUMAS) GENERADOS EN
CENTROS DE FAENAMIENTO AVÍCOLA A PARTIR DE COMPOSTAJE
OPTIMIZADO CON BACTERIAS QUERATINOLÍTICAS, AREQUIPA 2020”**

Tesis presentada por las Bachilleres:

Cuti Cuti, Vanesa Gladys

Vargas Gutierrez, Yamilet Ruth

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Asesor (a):

Mg. Benegas Llanos, Rosario

Arequipa- Perú

2023

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Marzo del 2023

Dictamen: 002978-C-EPIA-2023

Visto el borrador del expediente 002978, presentado por:

2014150432 - VARGAS GUTIERREZ YAMILET RUTH

2014243462 - CUTI CUTI VANESA GLADYS

Titulado:

**TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS (PLUMAS) GENERADOS EN CENTROS DE
FAENAMIENTO AVÍCOLA A PARTIR DE COMPOSTAJE OPTIMIZADO CON BACTERIAS
QUERATINOLÍTICAS, AREQUIPA 2020**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**45830984 - PAREDES ZAVALA JOSHELYN MARIANGELA
DICTAMINADOR**



**43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



Dedicatoria

A Dios, quien me dió la fortaleza y el coraje para perseguir mis sueños, sin su guía divina nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres Cristobal y Julia, quienes siempre han sido mi fuente de inspiración y mi motivación inquebrantable, sin ellos nunca habría llegado tan lejos.

A mi hermana Judith, quien me ha apoyado a lo largo de este viaje y me ha dado su amor y ánimo incondicional, le agradezco por estar a mi lado en cada paso del camino.

Vanesa Gladys Cuti Cuti

A la Pachamama, porque ella es vida, y espero que esta investigación pueda contribuir a su restauración y protección.

A mis queridos abuelitos, Luis Gutierrez y Apolinaria Quispe, quienes orgullosamente me llamaron “Ingeniera” desde el primer día que inicié esta loable carrera profesional.

A mi amiga Vanesa y a la Yamilet del futuro, esta investigación es un recordatorio de que a pesar de las adversidades, lo logramos y a partir de ahora podemos enfrentar muchos más desafíos.

Yamilet Ruth Vargas Gutierrez

Agradecimiento

A Dios, por su guía y protección a lo largo de todo este proceso.

A mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo, su amor y confianza en mí han sido la fuerza que me ha impulsado a superar los desafíos más grandes.

A mi amiga Yamilet, por su candorosa amistad.

A todas las personas, familiares y especialmente amigos, quienes se vieron involucrados durante este proceso ya que su apoyo incondicional me ayudó a mantenerme enfocada en mi objetivo, gracias por estar ahí para mí en los momentos de diversión y en los momentos de trabajo duro. Espero que este logro también sea una fuente de inspiración para cada uno de ustedes en sus propias metas y proyectos.

Vanessa Gladys Cuti Cuti

A Dios por ser mi soporte en mis momentos de debilidad y fuente de poder para permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis amados padres Victor Vargas y Nanzeacina Gutierrez, por darme la vida y ayudarme a luchar por mis sueños con mucho esfuerzo, paciencia, comprensión y amor.

A mi amada hermana Anabel Vargas, quien cada día me da la valentía para enfrentar mis más grandes miedos.

A mis queridos tíos Orlando, Ruth, Martha, Jesús, Edgar y Reynold, por su cariño y apoyo constante durante mis cinco años universitarios.

A mi prima Mabel y a mis grandes amigas Brenda, Carmen, Tania, Hilda, Yudith, Carmen Rosa y Sharon, valoro mucho su apoyo incondicional durante el proceso de esta investigación.

A Giovis, Carlita y Jeshi que me enseñaron a encaminar mi carrera para el servicio a los que más lo necesitan, y a Miss Lina por inculcarme la disciplina y pasión a través del teatro.

Yamilet Ruth Vargas Gutierrez

A nuestra alma mater la Universidad Católica de Santa María por nuestra formación profesional.

A nuestros docentes Mg. Rosario Benegas, Mg. Berly Cárdenas, Mg. Joshelyne Paredes y Mg. Sonia Lazarte, por su guía y mentoría experta en la realización de esta tesis. Sus aportes y sugerencias han sido invaluable para mejorar este trabajo.

A la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, por brindarnos la oportunidad de desarrollar la investigación en las instalaciones de su vivero municipal.

Al Ing. Antonio Bravo, Ing. Victor Yucra y Blgo. Abraham Calapuja, por su contribución al desarrollo de la investigación.

Al administrador del centro de faenamiento avícola, por brindarnos acceso a la información que permitió desarrollar esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO 1	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Problemática de la investigación	18
1.2. Justificación de la investigación	20
1.3. Objetivos de la investigación	22
1.4. Hipótesis	22
CAPÍTULO 2	23
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes de la investigación	24
2.2. Marco teórico	27
2.3. Marco legal	55
CAPÍTULO 3	59
3. METODOLOGÍA	60
3.1. Tipo y nivel de investigación	60
3.2. Diseño de la investigación	60
3.3. Materiales y equipos	62
3.4. Métodos de investigación	65
CAPÍTULO 4	90
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	91
4.1. Diagnóstico situacional acerca de la producción y manejo de plumas en un centro de faenamiento avícola	91
4.2. Obtención de bacterias queratinolíticas con potencial de degradación de plumas de pollo	94
4.3. Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto.....	97
CAPÍTULO 5	136
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1. Conclusiones	137
5.2. Recomendaciones	138
CAPÍTULO 6	140
6. REFERENCIAS	141

ANEXOS.....	156
a) Estimación de peso de plumas, vísceras y sangre de pollo vivo	157
b) Informes de Laboratorio I+D para el cálculo de material de partida.....	158
c) Cálculo de proporción de la materia.....	164
d) Determinación del porcentaje de plumas de pollos secas.....	166
e) Registro de crecimiento bacteriano	168
f) Solicitud a SENAMHI.....	5
g) Informe de SENAMHI	6
h) Informe del Laboratorio I+D con los resultados del análisis de abonos orgánicos..	22
i) Evidencia fotográfica.....	25
j) Análisis de varianza de los tratamientos experimentales	31
k) Diagrama de las tres etapas del método de investigación	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo mundial de carne proyectado en 2022 en comparación con 2013.....	28
Figura 2. Estructura de la pluma de pollo.	33
Figura 3. Composición de las plumas.	34
Figura 4. Fases en el proceso de compostaje.	42
Figura 5. Transformación y emisión de nitrógeno en el proceso de compostaje.....	52
Figura 6. Centro de operaciones del centro de faenamiento avícola.....	66
Figura 7. Flujograma de proceso de faenamiento de pollos.....	66
Figura 8. Registro del pesaje de plumas de pollo.....	67
Figura 9. Manejo actual de los residuos orgánicos plumas de pollo generadas en el centro de faenamiento.	67
Figura 10. Esquema del manejo actual de los residuos orgánicos plumas de pollo.....	68
Figura 11. Transporte inadecuado de las plumas de pollo.	68
Figura 12. Destino final de las plumas de pollo.....	69
Figura 13. Ubicación de la granja de pollos.....	69

Figura 14. Crecimiento de cepas con actividad queratinolítica en agar de leche desnatada, con dilución 10^{-2}	71
Figura 15. Degradación de la pluma por la cepa queratinolítica aislada a las 48 horas.....	72
Figura 16. Detalle del tratamiento para la determinación secundaria de queratinasa.....	73
Figura 17. Lectura de absorbancias en espectrofotómetro.....	73
Figura 18. Fotomicrografía de bacterias Bacilos Gram positivos 100x.....	74
Figura 19. Prueba catalasa.....	74
Figura 20. Prueba de hidrólisis de gelatina.....	75
Figura 21. Prueba de almidón.....	75
Figura 22. Prueba de lecitinasas.....	76
Figura 23. Solución madre.....	77
Figura 24. Cámara de Neubauer.....	77
Figura 25. Ubicación del vivero municipal de Cerro Colorado.....	78
Figura 26. Diseño de Bloques Completos al Azar - Arreglo factorial 2×2 con 12 unidades experimentales.....	84
Figura 27. Pilas instaladas en el vivero municipal del distrito Cerro Colorado.....	86
Figura 28. Entradas y salidas en el proceso de compostaje	88
Figura 29. Curva de crecimiento bacteriano en 48 horas.....	96
Figura 30. Fases del compostaje en los 4 tratamientos en estudio.....	97
Figura 31. Evolución de temperatura y pH en T3.....	99
Figura 32. Evolución de temperatura y pH en T1.....	99
Figura 33. Evolución de temperatura y pH en T4.....	99
Figura 34. Evolución de temperatura y pH en T2.....	99
Figura 35. Influencia de la temperatura ambiente sobre la temperatura de las pilas de compostaje.....	101

Figura 36. Efecto de la radiación solar sobre la temperatura del proceso de compostaje....	102
Figura 37. Influencia de la humedad relativa sobre la temperatura del proceso de compostaje.....	103
Figura 38. Comportamiento del viento en la Estación MAP La Pampilla.....	104
Figura 39. Materia orgánica en los tratamientos experimentales.....	108
Figura 40. Factor bacterias.....	108
Figura 41. Factor plumas.....	108
Figura 42. Materia orgánica de acuerdo a la NTP 201.207.	110
Figura 43. Relación Carbono nitrógeno en los tratamientos experimentales.....	111
Figura 44. Factor bacterias.....	111
Figura 45. Factor plumas.....	111
Figura 46. Relación carbono/nitrógeno de acuerdo a la NTP 201.207.	113
Figura 47. Nitrógeno en los tratamientos experimentales.....	114
Figura 48. Factor bacterias.....	114
Figura 49. Factor plumas.....	114
Figura 50. Nitrógeno de acuerdo a la NTP 201.207.	116
Figura 51. Fósforo en los tratamientos experimentales.	117
Figura 52. Factor bacterias.....	117
Figura 53. Factor plumas.....	117
Figura 54. Fósforo de acuerdo a la NTP 201.207.	118
Figura 55. Potasio en los tratamientos experimentales.	120
Figura 56. Factor bacterias.....	120
Figura 57. Factor plumas.....	120
Figura 58. Potasio de acuerdo a la NTP 201.207.....	121
Figura 59. Conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales.....	122

Figura 60. Factor bacterias.....	123
Figura 61. Factor plumas.....	123
Figura 62. Conductividad eléctrica de acuerdo a la NTP 201.207.....	124
Figura 63. pH en los tratamientos experimentales.....	125
Figura 64. Factor bacterias.....	125
Figura 65. Factor plumas.....	125
Figura 66. pH de acuerdo a la NTP 201.207.....	126
Figura 67. Humedad en los tratamientos experimentales.....	128
Figura 68. Factor bacterias.....	128
Figura 69. Factor plumas.....	128
Figura 70. Humedad de acuerdo a la NTP 201.207.....	129
Figura 71. Coliformes fecales en los tratamientos experimentales.....	131
Figura 72. Factor bacterias.....	131
Figura 73. Factor plumas.....	131
Figura 74. Coliformes fecales de acuerdo a la NTP 201.207.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo global de carne, 1990 - 2009, 1000 toneladas.....	27
Tabla 2. Consumo global de carne, 1990 - 2009, kg/cápita.....	28
Tabla 3. Consumo per cápita de carne de pollo en Perú.....	29
Tabla 4. Producción de carne de pollo (miles de toneladas) de enero a julio del 2022.....	30
Tabla 5. Principales regiones productoras de pollo.....	30
Tabla 6. Cantidad de pollos faenados en centros de faenamiento avícolas autorizados por SENASA.....	31
Tabla 7. Subproductos de la industria avícola.....	32
Tabla 8. Componentes principales de las plumas.....	34

Tabla 9. Valores óptimos de temperatura.....	43
Tabla 10. Valores óptimos de humedad.....	44
Tabla 11. Valores óptimos de pH.....	45
Tabla 12. Valores óptimos de aireación.....	46
Tabla 13. Valores óptimos de la relación carbono/nitrógeno.....	46
Tabla 14. Valores óptimos de tamaño de partícula.....	47
Tabla 15. Contenido de nutrientes.....	58
Tabla 16. Requisitos microbiológicos.....	58
Tabla 17. Operacionalización de variables.....	61
Tabla 18. Criterios de elección para el sistema de compostaje.....	79
Tabla 19. Descripción de impactos ambientales positivos.....	80
Tabla 20. Descripción de impactos ambientales negativos.....	80
Tabla 21. Medidas para mitigar los impactos negativos.....	81
Tabla 22. Valores de parámetros de material de partida.....	81
Tabla 23. Cálculo de la relación carbono nitrógeno de partida para los tratamientos T1 y T2 con 10% de plumas.....	82
Tabla 24. Cálculo de la relación carbono nitrógeno de partida para los tratamientos T3 y T4 con 5% de plumas.....	82
Tabla 25. Detalle de los insumos en cada tratamiento para pilas de 405 kg.....	83
Tabla 26. Frecuencia de monitoreo durante el proceso de compostaje.....	87
Tabla 27. Frecuencia de regado y volteo.....	87
Tabla 28. Parámetros principales para estimar la calidad del compost optimizado.....	89
Tabla 29. Cantidad de pollos faenados en 8 días.....	91
Tabla 30. Peso de plumas húmedas, vísceras y sangre de pollo generadas en 8 días.....	91
Tabla 31. Promedio del porcentaje de plumas de pollo secas.....	91

Tabla 32. Peso de plumas de pollo secas generadas en 8 días.	92
Tabla 33. Lista de aspectos ambientales identificadas en el centro de faenamiento avícola. 93	
Tabla 34. Absorbancias obtenidas del ensayo de la queratinasa en el espectrofotómetro UV visible.	95
Tabla 35. Actividad de la enzima queratinasa (U/ml).....	95
Tabla 36. Características microbiológicas y bioquímicas de la cepa bacteriana queratinolítica.....	96
Tabla 37. Promedio de Humedad monitoreada al inicio y final del proceso de compostaje.	100
Tabla 38. Promedio de Conductividad Eléctrica monitoreada al inicio y final del proceso de compostaje.....	100
Tabla 39. Detalle de la producción final de compost.....	105
Tabla 40. Materia Orgánica del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	107
Tabla 41. Materia Orgánica del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	107
Tabla 42. Relación carbono/nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	110
Tabla 43. Relación Carbono/Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	110
Tabla 44. Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	113
Tabla 45. Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	114

Tabla 46. Fósforo del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	116
Tabla 47. Fósforo del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	117
Tabla 48. Potasio del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	119
Tabla 49. Potasio del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	119
Tabla 50. Conductividad eléctrica del Compost final expresada en dS/m, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	122
Tabla 51. Conductividad eléctrica del Compost final expresada en dS/m, a nivel de los Factores en estudio.....	122
Tabla 52. pH del Compost final expresado en números, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	124
Tabla 53. pH del Compost final expresado en números, a nivel de los Factores en estudio.....	124
Tabla 54. Humedad del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.....	127
Tabla 55. Humedad del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.....	127
Tabla 56. Número de bacterias coliformes fecales del Compost final a nivel de Tratamientos Experimentales.....	130
Tabla 57. Número de bacterias coliformes fecales del Compost final, a nivel de los Factores en estudio.....	130
Tabla 58. Calidad de compost en comparación con la NTP 201.207.....	133

Tabla 59. Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. 134



RESUMEN

En el Perú la carne de pollo es un alimento muy demandado, por ello en la actualidad los centros de faenamiento avícola presentan un incremento en la generación de plumas de pollo, este residuo orgánico carece de una gestión integral lo que los convierte en contaminantes ambientales. El objetivo de nuestra investigación es realizar el tratamiento de las plumas mediante compostaje optimizado con bacterias queratinolíticas en la provincia de Arequipa. Se realizó un diagnóstico situacional sobre la generación de plumas mediante visitas y registros a un centro de faenamiento avícola, además de una conversación con el propietario, obteniendo como resultado que las plumas se generan en la operación de desplumado, representan el 5.86% del peso total del pollo y la generación semanal alcanza valores máximos de 340.2 kg durante los fines de semana. Se aislaron bacterias queratinolíticas del suelo de una granja de pollos, se determinó su actividad queratinolítica e identificó mediante una prueba microbiológica (tinción de Gram) y pruebas bioquímicas (lecitina, almidón, catalasa e hidrólisis de gelatina), resultando en *Bacillus spp.* Para la elaboración del compostaje se realizaron cuatro tratamientos: tratamiento 1 (10% de plumas con bacterias queratinolíticas), tratamiento 2 (10% de plumas sin bacterias queratinolíticas), tratamiento 3 (5% de plumas con bacterias queratinolíticas) y tratamiento 4 (5% de plumas sin bacterias queratinolíticas), se utilizaron estiércol de bovino y poda de césped. A los 109 días, se efectuó la prueba ANOVA y Tukey sobre los siguientes parámetros: pH, Humedad, Materia Orgánica, C/N, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Conductividad Eléctrica y Coliformes Fecales, donde se confirmó diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro tratamientos y los dos factores en estudio, luego se compararon los valores con los requisitos de la Norma Técnica Peruana 201.207 Fertilizantes. Compost para uso agrícola, donde el tratamiento 1 (10% de plumas con bacterias queratinolíticas) resultó ser el más óptimo debido a que cumple con 8 de los 9 parámetros comparados. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de plumas es una alternativa sostenible ya que contribuirá al logro de 7 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Palabras clave: Plumitas, compostaje, bacterias queratinolíticas.

ABSTRACT

In Peru, chicken meat is a highly demanded food; therefore, poultry slaughtering centers currently present an increase in the generation of chicken feathers, this organic waste lacks an integral management, which turns them into environmental pollutants. The objective of our research is to treat feathers through optimized composting with keratinolytic bacteria in the province of Arequipa. A situational diagnosis on the generation of feathers was carried out through visits and records to a poultry slaughtering center, in addition to a conversation with the owner, obtaining as a result that feathers are generated in the plucking operation, represent 5.86% of the total weight of the chicken and the weekly generation reaches maximum values of 340.2 kg during weekends. Keratinolytic bacteria were isolated from the soil of a chicken farm, their keratinolytic activity was determined and identified by means of a microbiological test (Gram stain) and biochemical tests (lecithin, starch, catalase and gelatin hydrolysis), resulting in *Bacillus* spp. Four treatments were used for composting: treatment 1 (10% of feathers with keratinolytic bacteria), treatment 2 (10% of feathers without keratinolytic bacteria), treatment 3 (5% of feathers with keratinolytic bacteria) and treatment 4 (5% of feathers without keratinolytic bacteria), using bovine manure and grass pruning. At 109 days, the ANOVA and Tukey test was performed on the following parameters: pH, Humidity, Organic Matter, C/N, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Electrical Conductivity and Fecal Coliforms, where a statistically significant difference was confirmed between the four treatments and the two factors under study, then the values were compared with the requirements of the Peruvian Technical Standard 201.207 Fertilizers. Compost for agricultural use, where treatment 1 (10% of feathers with keratinolytic bacteria) turned out to be the most optimal because it complies with 8 of the 9 parameters compared. The results obtained indicate that the treatment of feathers is a sustainable alternative as it will contribute to the achievement of 7 Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda.

Key words: Feathers, composting, keratinolytic bacteria.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2017) mundialmente los valores de carne avícola ascendieron a 122 millones de toneladas y el Perú no es ajeno a ello, ya que en los últimos 10 años hemos pasado de consumir 30 a 48 kg de pollo por persona anualmente posicionándonos como uno de los mayores consumidores per cápita a nivel Latinoamérica. Según el Ministerio de Agricultura, Arequipa se posiciona en tercer lugar como productor y consumidor de pollo.

El procesamiento del pollo implica actividades que generan residuos orgánicos (gallinaza, sangres y plumas) a diario. Este es un problema para los productores avícolas ya que el manejo no adecuado de estos residuos tiene gran ponderación en la sostenibilidad y eficiencia de las empresas generando así malestar en los habitantes cercanos por la generación de olores y plagas (Polo Hernández, 2015).

Como resultado del auge de la industria avícola, la cantidad de centros de faenamientos avícolas ha aumentado, lo que ha dado lugar a una gran cantidad de subproductos sólidos orgánicos, uno de estos son las plumas de pollo. Estos residuos se convierten en un problema ya que su eliminación y/o aprovechamiento no se da de la mejor manera debido a que actualmente la informalidad en este sector circunda el 50% (Dirección de Estadística Agraria, 2019).

Actualmente, el principal método de gestión involucra el tratamiento químico de las plumas de pollo por parte de las empresas de alimentos balanceados quienes se encargan de la producción de harina hidrolizada, este método requiere un alto financiamiento debido a la alta entrada de energía que debe ser aplicada en la desnaturalización de queratinas. Cabe indicar que las plumas de pollo presentan una estructura compleja que dificulta su descomposición rápida. La biodegradación a través del compostaje optimizado de las plumas se traduce como alternativa ambientalmente amigable y viable para crear un producto orgánico de calidad conocido como compost que permita ser utilizado para nutrir y mejorar el suelo en la agricultura.

Este trabajo de investigación presenta una alternativa barata y sencilla para el aprovechamiento de las plumas de pollo generadas en los centros de faenamiento avícola, el objetivo fue tratar las plumas de pollo a través del proceso de compostaje optimizado haciendo uso de bacterias queratinolíticas para obtener un abono orgánico que acate los requisitos determinados en la Norma Técnica Peruana 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos”.



CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

A nivel mundial el nivel de riesgo ambiental relacionado a desechos sólidos representa el 50%, promedio superior en comparación con otros como productos químicos, consumo de agua, consumo de energía y descarga de aguas superficiales y subterráneas según señala ECOBUSINESSFUNG (2021). De acuerdo con Pruzzo et ál. (2019) la eliminación de los desechos orgánicos más específicamente las plumas del sector avícola representan una carga negativa hacia el ambiente. Entre 2008 y 2018, la producción mundial de carne de pollo creció en promedio un 2,7 % anual, siendo los mayores productores Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea y China (FIRA, 2019).

En Latinoamérica, Perú, Argentina, Brasil, Bolivia y Panamá son los que más carne de pollo consumen, y los principales países productores son Brasil, México, Colombia, Perú y Argentina (Industria Avícola, 2020).

En Perú la carne de pollo es la más consumida por ser considerada la más sana, económica y accesible del mercado. El MIDAGRI (2018), indica que en Perú con el incremento de la población la actividad avícola ha mostrado un crecimiento exponencial, también indica que desde 1940 hasta el 2019 hemos pasado a consumir de 1 kg a 51.1 kg de pollo por persona anualmente.

Arequipa con un 10.8 % se posiciona en tercer lugar como productor de pollo después de Lima y La Libertad (Sistema Integrado de Estadística Agraria, 2022). Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (2022), se estimó que la producción de pollo en julio del 2022 ascendió a 15 768 toneladas de pollo, una generación aproximada de 1 103.8 toneladas de plumas, debido a que las plumas significan el 7% del peso total del pollo según Macanás et ál. (2012). En la provincia de Arequipa existen empresas que carecen de responsabilidad ambiental extendida, ya que venden pollos vivos a centros de faenamiento informales, los cuales no aplican tratamientos sostenibles a sus residuos, representando una dificultad para la eliminación o aprovechamiento de las plumas generadas, lo que los lleva a realizar un manejo inadecuado de estas, infringiendo el Artículo 28.3° del D.S. N° 016-2012-AG, desencadenando un problema de deficiente gestión de las plumas de pollo frente a un incremento exponencial de estas. De acuerdo con A. Barriga (Comunicación personal,

febrero de 2021) en la provincia de Arequipa SENASA ha otorgado autorización sanitaria solo a seis empresas para el faenado de pollos.

El centro de faenamiento avícola estudiado genera en promedio 200 kg de plumas mojadas diarias durante la etapa de desplumado. Este residuo es altamente recalcitrante debido a que el 90.5% de su estructura está compuesta por queratina lo que dificulta su tratamiento (Tesfaye et ál., 2018; Tortosa, 2016) y por ende se devalúa el potencial que poseen. Las plumas generadas son entregadas a un acopiador informal, el cual las transporta de manera inadecuada provocando su escurrimiento y diseminación, las disponen en lugares no autorizados, donde realizan un proceso de secado y almacenamiento generando focos infecciosos y las comercializan a diferentes empresas harineras, infringiendo el Artículo 34° del DS 029-2007-AG. Esta inadecuada gestión afecta a diferentes componentes ambientales, de acuerdo con Florida (2019) afectan la calidad del aire generando malos olores y expulsiones de gases como dióxido de carbono y metano contribuyendo al calentamiento global. Asimismo, Williams (2013) argumenta que afectan a la calidad del suelo debido a su composición recalcitrante, su inadecuado transporte genera la diseminación de las plumas las cuales pueden terminar en canales y desagües (SEDAPAR, 2017). El proceso de secado de las plumas produce fuentes de infección que atentan contra la salud pública y ambiental por la proliferación de vectores zoonóticos (Arthanari & Dhanapalan, 2019), representando también un riesgo de salud para los trabajadores del centro de faenamiento y acopiadores.

Hasta la actualidad este problema no es atendido por las autoridades competentes debido a brechas legales y falta de capacidad institucional, por ello la presente investigación presenta una propuesta de tratamiento sostenible para el manejo de las plumas de centros de faenamiento avícola con el fin de minimizar los impactos negativos al ambiente, generar ingresos económicos adicionales y mejorar la calidad de vida de la población.

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Aspecto Ambiental

El manejo inadecuado de las plumas de los centros de faenamiento avícola son considerados una amenaza para el suelo, aire y cuerpos de agua producto de la incineración, vertido y/o entierro de estos residuos, por tal motivo proponer un tratamiento sostenible como el compost reducirá la contaminación de estos componentes ambientales, ya que el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Arequipa 2017-2028 informa que hay un déficit de impulsos con el fin de producir abonos con el reaprovechamiento de residuos orgánicos (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017). El producto final obtenido del tratamiento de estos residuos que será el compost enriquecido en NPK incentivará el uso de mejoradores de suelo orgánicos para promover la agricultura sostenible incrementando el rendimiento de cultivos y sobre todo disminuyendo los contaminantes liberados al ambiente por los fertilizantes químicos convencionales.

1.2.2. Aspecto Social

La inadecuada disposición de estos residuos genera focos infecciosos que afectan la salud de los empleados del centro avícola y ciudadanos que habitan en zonas de influencia directa e indirecta. El tratamiento sostenible de compostaje propuesto mitiga la afectación a la salud de la población y fomenta un mecanismo de participación de ciudadanos y empresas privadas, promoviendo cultura ambiental (Villegas, 2010).

1.2.3. Aspecto Económico

Las plumas de pollo debido a su composición cuentan con un potencial económico importante y su inadecuada disposición desaprovecha este residuo y de esta manera se continúa con la economía que se basa en “obtener, generar y descartar”, es así que el desaprovechamiento de este residuo impide alcanzar una economía circular. El tratamiento de las plumas a través de la descomposición biológica es una opción de bajo costo, que permitirá aprovechar su potencial, el cual se traducirá en un ingreso económico rentable para personas y empresas que se dediquen al rubro de producción de abonos orgánicos. Además de ello se estaría contribuyendo para alcanzar un patrón de consumo sostenible, ya que las plumas del sector avícola servirán como biofertilizante para el sector agrícola.

1.2.4. Aspecto Tecnológico

En la actualidad el tratamiento que reciben algunas plumas generadas en centros de faenamiento avícola es a través de una planta de producción de harina hidrolizada que emplea las plumas de pollo como componente principal para la generación de un alimento balanceado para animales. En varios casos de estudio donde se ha realizado una línea base de diagnóstico se ha establecido que la importancia de los efectos adversos de compañías de harina hidrolizada se basa en la expulsión de gases obligado por las pésimas características tecnológicas, soporte inapropiado, empleados sin preparación y limitado acondicionamiento de normas ambientales (Chacón, 2016 & Guillen, 2017).

La alternativa propuesta representa una herramienta de bajo costo y ambientalmente sostenible lo que lo hace más fácil de ejecutar, además podrá ser replicado por otras empresas del sector avícola y/o agrícola permitiendo así superar problemas de manejo inadecuado de plumas.

1.2.5. Aspectos Político/Institucional

Actualmente existen normativas para el manejo de estos residuos, pero estas se infringen debido a que las autoridades competentes como las municipalidades no cuentan con la capacidad de gestionar los residuos orgánicos de sus áreas de jurisdicción, por ende, los centros de faenamiento no realizan buenas prácticas ambientales. Esta alternativa pretende ser una herramienta para que las municipalidades y empresas mejoren su capacidad de gestionar los residuos y permitirá que los centros de faenamiento avícola cumplan con la legislación de nuestro país. Por otro lado, el Ministerio del Ambiente y Ministerio de Economía y Finanzas premia con la implementación de equipos a empresas que realicen buenas prácticas ambientales y en este caso el proceso de compost se constituye como tal.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Realizar el tratamiento de los residuos orgánicos (plumas) generados en centros de faenamiento avícola a partir de compostaje optimizado con bacterias queratinolíticas en la provincia de Arequipa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional acerca de la producción y manejo de plumas en un centro de faenamiento avícola.
- Obtener bacterias queratinolíticas con potencial de degradación de plumas de pollo.
- Determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto.

1.4. Hipótesis

Debido a que las plumas son residuos que presentan altos valores de queratina, **es probable** que a través de un tratamiento de compostaje optimizado con bacterias queratinolíticas se obtenga un compost de calidad que obedezca los requisitos de la Norma Técnica Peruana 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola.”



CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Nivel Internacional

En el distrito de Namakkal de Tamil Nadu de India realizaron una investigación titulada “Cuantificación del contenido de β -caroteno, licopeno y clorofila en frutos de tomate de enriquecimiento con compostaje de plumas de pollo” donde realizaron compost con plumas de pollo (CF), estiércol de vaca (CD) y desechos agrícolas (AW). Fueron cuatro tratamientos en diferentes proporciones de plumas manteniéndolos a un nivel de humedad del 40 a 60% durante 90 días. El abono obtenido era muy alcalino con un $\text{pH} > 8.60$, el contenido máximo de nitrógeno (N) se encontró en el tratamiento 2 con 7,33%, se encontró un alto valor en potasio (K) en el tratamiento 3 con 4,40% y el valor más bajo de fósforo (F) con 0,26%. Se llegó a la conclusión de que las distintas mezclas de compost presentan significancia estadística entre los pigmentos de frutos de tomate, siendo el mayor contenido de β -caroteno y licopeno observado en frutos de tomate 3 y 4 (Arthanari & Dhanapalan, 2019).

Las plumas contienen una cantidad importante de nitrógeno orgánico, por eso la conversión microbiana está en crecimiento para su aprovechamiento como fertilizantes del suelo. Sobucki et ál. (2019) en su investigación realizada en Brasil, titulada “El hidrolizado de plumas como fertilizante rico en nitrógeno prometedor para el cultivo de lechuga en invernadero”, se evaluaron la cama de aves, harina de plumas e hidrolizado de plumas producida por *Bacillus amyloliquefaciens* 6B como fertilizantes para lechugas en comparación con la úrea, después de 60 días de cultivo de lechuga se concluyó en que los hidrolizados de plumas por conversión microbiana, aumentaron el crecimiento y el beneficio de la materia total de la lechuga cultivada en comparación con el fertilizante de úrea y la harina de plumas. Por otro lado, el fertilizante de la cama de aves presentó efectos negativos sobre los parámetros vegetativos de la lechuga.

En India, Nagarajan et ál. (2018) realizó un estudio denominado “Compost de plumas de pollo para promover la actividad de crecimiento de las plantas mediante el uso de microorganismos queratinolíticos”, con la finalidad de aislar bacterias queratinolíticas a partir de una muestra de suelo donde se depositan residuos de plumas, identificando a *Bacillus subtilis*, esta cepa bacteriana presentó degradación completa de la pluma de pollo en caldo de cultivo. Dicha cepa se utilizó para la preparación de compost con las siguientes proporciones de suelo: 0.25%, 1% y 1.5%. Finalmente se obtuvo un máximo aumento en el contenido de N, P, K, en la proporción

de 1.5 %, teniendo influencia positiva sobre el crecimiento de plántulas, recalcando que esta solo se da después de la degradación completa de las plumas.

En Khansar, Irán, Alahyaribeik et ál. (2020) realizó una investigación titulada “Bioconversión de desechos de plumas de pollo por bacterias queratinolíticas”, donde evaluó 4 cepas de bacterias para la producción de proteasas, para ello recogió plumas de un matadero de aves de corral, las cortó y pulverizó, esto sirvió como único suministro de carbono y nitrógeno para las cepas de bacterias (*Bacillus pumilus*, *Geobacillus stearothermophilus*, *Rhodococcus erythropolis* y *Bacillus licheniformis*). Las plumas previamente tratadas se utilizaron como constituyente del caldo en polvo de harina de plumas (FMPB). Se incubaron las bacterias por 96 horas en condiciones de agitación (200 rpm) a 37 °C. Los crecimientos de las cepas en agar nutritivo se determinaron mediante el recuento en placa. Los resultados mostraron que *B. licheniformis* parece ser la cepa más eficiente en causar degradación de queratina, además, *Rhodococcus erythropolis* posee actividad proteolítica y es eficaz en la degradación de las plumas. Se concluyó en que las bacterias degradantes de plumas y sus enzimas proteolíticas podrían usarse para la producción de materiales de valor agregado.

En Mumbai, India Shah et ál. (2018) realizaron un nuevo método de compostaje empleando tres consorcios bacterianos de microorganismos queratinolíticos: *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus cepa* y *Acinetobacter sp.*, los que fueron aislados de muestras de suelos donde se almacenaban plumas de pollo y tres microorganismos celulolíticos: *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* y *Cellulomona ssp.*, aislados de suelo de manglar. Para el compostaje se emplearon 12 kg de plumas de pollo, 6 kg de hojas previamente trituradas manualmente y remojadas por 30 minutos, además 1 kg de harina de trigo. Todo ello se mezcló en una jaula metálica con malla anti moscas. Se roció la suspensión del consorcio (600 ml) al comienzo y al décimo día. En el transcurso de las fases del compostaje se efectuaron volteos y se agregó agua constantemente para mantener la humedad. Todo el proceso duró 10 semanas, después de ello se secó y pulverizó el compost obtenido. Los resultados muestran que el compost obtenido es un buen suministro de nitrógeno, fósforo y potasio, que comprende una gama de nutrientes sustanciales para el desarrollo de la vegetación. Tal compost puede usarse para el manejo orgánico del suelo para reducir la dependencia de fertilizantes químicos, así como para revertir el ciclo de deterioro del suelo. Se afirma que el proceso es escalable y se puede utilizar de manera efectiva para una gestión competente.

En la ciudad de Túnez, Asses et ál. (2019) realizó un trabajo de investigación denominado “Compostaje a gran escala de desechos de procesamiento de mataderos de aves de corral”. El compost se realizó a gran escala, ocupando un espacio de 300 m³ por un periodo de 90 días. La composición del tratamiento fue la siguiente: 59.65% de residuos de mataderos de aves de corral, 4,83% de lodos de depurador, 4,83% de residuos agrícolas, 19.35% de aserrín de madera y 11.29% compost activado. Cabe indicar que la fase termofílica que duró 20 días alcanzó una temperatura máxima de 65°C ideal para la eliminación de patógenos, el proceso se realizó en un medio aerobio. Los desechos del matadero de aves de corral de compostaje permitieron obtener compost higiénico con suficiente calidad agronómica caracterizada por un contenido de materia orgánica relativamente alto (49,12%), una relación C/N (13.92%), un pH alcalino (7.7) y un alto nivel de nutrientes. Asimismo, se hizo una prueba de índice de germinación con semillas de maíz (*Zea mays*) el cual es de un 91%, este valor es un buen indicador de madurez. Finalmente se mezcló el compost obtenido con turba para evaluar el crecimiento en plantas de maíz, el desenlace expone que la aplicación de compost influye en un 63.8% en el desarrollo del tallo, 57.9% en la longitud de la hoja, 65.1% en la biomasa fresca y 66.6% en la biomasa seca corroborando así que el compost con plumas de pollo presenta un alto nivel de madurez y no es fitotóxico. El estudio concluye que los desechos como son las plumas de pollo podrían ser valorizadas mediante el proceso de compostaje a gran escala.

2.1.2. Nivel Nacional

En Leoncio Prado, en el departamento de Huánuco Florida et ál. (2019) realizó compost a base de plumas de pollo con una duración de tres meses. Utilizó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, el control constó en estiércol de vacuno 100%, T1 estiércol de vacuno más 10% de plumas, T2 estiércol de vacuno más 20 % de plumas y T3 estiércol más 30% de plumas, a cada tratamiento se le añadieron 10 L de microorganismos aceleradores. Durante las fases de compostaje se monitoreó la temperatura y humedad. A los 75 días se realizó la evaluación de resultados en cada tratamiento, concluyendo que el tercer tratamiento expone un valor elevado de materia orgánica y nitrógeno.

En la Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo” de Huaraz, Navarro (2018) desarrolló una investigación nominada “Determinación de la calidad de compost combinando microorganismos eficientes y residuos avícolas generados en el mercado central virgen de Fátima, Huaraz - 2017”, en la cual se precisó que el 95% de los desechos avícolas son las

plumas de pollo, debido a ello se realizó un compost con proceso aeróbico y la adición de microorganismos eficientes. Finalmente se estimó la consecuencia de estos microorganismos sobre la calidad del abono concluyendo en que el valor de nitrógeno fue mayor de 1%, el valor de fósforo y potasio estaban por debajo del 0.05% y el factor microbiológico de coliformes fecales fue de 11×10^6 de NMP/gr, indicando que el compost es de regular clase y en variación de materia, el sistema con microorganismos eficientes presentó una eficiencia de 88.06%.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Consumo de carne de pollo

2.2.1.1. Consumo de carne de pollo a nivel mundial

El consumo de carne de pollo según diversos autores ha mostrado un incremento en los últimos años. Henchion et ál. (2014) indica que el crecimiento de producción de carne se encuentra estimulado en amplia dimensión por las carnes blancas dentro de ellas las aves de corral. A nivel mundial el consumo de carne acrecentó casi un 60% entre 1990 y 2009, de 175,665 mil toneladas a 278,863 mil toneladas (ver Tabla 1). Asimismo, el consumo per cápita aumentó en casi un 25% de 33,7 a 41,9 kg (ver Tabla 2).

Tabla 1.
Consumo global de carne, 1990 - 2009, 1000 toneladas

Tipo de carne	1990	2009	% Incremento
Carne bovina	54,065	63,835	18.1
Carne de cordero y cabra	9100	12,763	40.2
Carne de cerdo	68,692	105,503	53.6
Carne de ave	40,173	90,664	125.7
Otras carnes	3634	6098	67.8
Total	175,665	278,863	58.7

Nota. Adaptado de Henchion et ál. (2014)

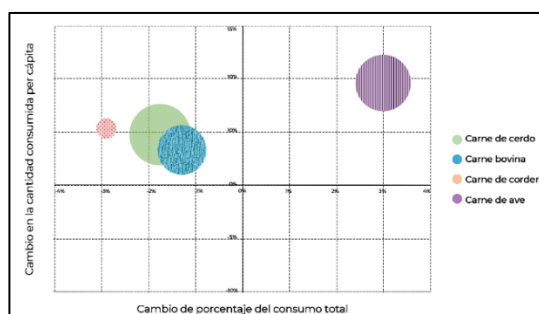
Tabla 2.
Consumo global de carne, 1990 - 2009, kg/cápita.

Tipo de carne	1990	2009	% Incremento
Carne bovina	10.4	9.6	-7.7
Carne de cordero y cabra	1.7	1.9	11.8
Carne de cerdo	13.2	15.8	19.7
Carne de ave	7.7	13.6	76.6
Otras carnes	0.7	0.9	28.6
Total	33.7	41.9	24.3

Nota. Adaptado de Henchion et ál. (2014)

Años más tarde De Carvalho et ál. (2020) realizó una investigación en la cual señala que la generación de carne de pollo internacionalmente aumentó de 54,4 millones de toneladas en 1998, a 114,2 millones de toneladas en 2018. Sustentando que este aumento es debido a que tanto en países desarrollados y emergentes se consume principalmente pollo como producto cárnico. Además, señala que la carne de pollo contiene bajos niveles de hierro lo que lo distingue de la carne de borrego y becerro. Asimismo, la ausencia de grasas trans la convierte en una opción más saludable (Kumar et ál., 2020). Henchion et ál. (2014) en la Figura 1, demuestra que la tendencia general muestra un incremento para las carnes blancas y un descenso para las carnes rojas.

Figura 1.
Consumo mundial de carne proyectado en 2022 en comparación con 2013.



Nota. Henchion et ál. (2014)

2.2.1.2. Consumo de carne de pollo a nivel nacional

En Perú el sector avícola se encuentra estructurado dentro del sector pecuario. Según la tesis de Becerra et ál. (2015) el sector avícola se considera como una actividad económica moderna, empresarial y tecnificada, debido a ello ha desarrollado un crecimiento exponencial especialmente en la generación de carne de aves como son: pollo, pavo, gallina y pato. Retrocediendo a los años 40' el consumo de pollo por persona no superaba el kilo por año. Ya en los años 50' la actividad avícola se vuelve intensiva, es así que para el año 1997 se llegó a consumir 443 940 toneladas y 9 años más tarde en el 2006 cerca de 789 571 toneladas. A continuación, en la Tabla 3 se muestra una tabla del consumo per cápita de carne de pollo desde los años 40' hasta el 2019 según el MIDAGRI (2018).

Tabla 3.
Consumo per cápita de carne de pollo en Perú.

Año	Consumo per cápita (kg/hab/año)
1940	1.00
1960	1.80
1970	4.50
1980	8.30
1990	11.40
2000	21.50
2003	23.65
2006	29.24
2019	51.14

Nota. Adaptado de MIDAGRI (2018)

El sector avícola se concentra en la costa cerca de las ciudades de consumo más importantes. La carne y huevo para enero del 2020 participaron con el 29.2% en el Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (ave 24,6% y huevo, 4.7%). Este valor creció en un 3% respecto al mes anterior (Iñonán & León, 2020). El sector avícola se sitúa como el principal suministro de proteína animal en nuestro país, asegurando la salud alimentaria. Los más importantes

productores de carne de pollo en Perú son: Lima con 54,9%, La Libertad con 17,0%, Arequipa con 10,8% e Ica con 4,4% (Sistema Integrado de Estadística Agraria, 2022). En seguida, en la Tabla 4 se presenta un cotejo de la producción de pollo en los dos últimos años 2021 y 2022 (Sistema Integrado de Estadística Agraria, 2022).

Tabla 4.

Producción de carne de pollo (miles de toneladas) de enero a julio del 2022.

Mes	Pollo 2021	Pollo 2022
Ene	133.2	139.9
Feb	119	125.5
Mar	134.6	137.9
Abr	138.1	141.7
Ma y	139.1	142.4
Jun	139.3	140.8
Jul	144.2	145.9
Ene-Jul	947.5	974.3

Nota. Adaptado de SIEA (2022).

2.2.1.3. Consumo de carne de pollo a nivel Arequipa

Según el “Boletín Estadístico del Ministerio de Agricultura” correspondiente al mes de julio del 2022; Arequipa se posiciona como la tercera región productora de pollo a nivel nacional después de Lima y La Libertad (Sistema Integrado de Estadística Agraria, 2022), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Principales regiones productoras de pollo.

Región	% de Producción
Lima	54.9 %
La Libertad	17.0 %
Arequipa	10.8 %
Ica	4.4 %

Nota. Adaptado de SIEA (2022)

2.2.2. Centros de faenamiento avícola

El Reglamento Sanitario Avícola define faenamiento como “el faenado de aves destinados al consumo humano y centro de faenamiento al establecimiento autorizado por SENASA con características sanitarias apropiadas en los cuales se realizan actividades de faenado de aves” (Decreto Supremo N°029-2007-AG de 2007).

Rodríguez et al. (2008) argumenta que el proceso de producción en un centro o planta de faenamiento varía en función a la autonomía de trabajo de cada una de ellas, como el aprovechamiento de todos los desechos resultantes del proceso.

El proceso de faenamiento consta de diferentes pasos, iniciando con el recibimiento de aves, los pollos que provienen de la fase de engorde. Generalmente el peso aproximado de pollos es de 1.8 a 2.1. kg, a continuación, se realiza la matanza y desplume, que inicia con el adormecimiento de los pollos, después se procede a degollarlos, en adelante la fase de sangrado para poder extraerle las vísceras y cortar las extremidades inferiores. Continuando con el proceso se quitan las cloacas y se procede a descabezar, también se realiza una abertura en el abdomen para separar las vísceras. Finalmente se inspeccionan las condiciones relacionadas con la inocuidad en la línea de escurrido y empaque (Rodríguez et al., 2008). En seguida, en la Tabla 6 se muestran los 6 únicos centros de faenamiento avícola con autorización por SENASA para poder realizar el faenamiento de las aves.

Tabla 6.

Cantidad de pollos faenados en centros de faenamiento avícolas autorizados por SENASA.

Empresa/Razón Social	Cantidad de pollos faenados (aves)
Geovanna Roque Arosquipa	4800
Freyde Condori Alcahuaman	4800
Industrias agropecuarias el Galpon SAC	5500
Prodnil SAC	12000
Cepco Avicola SAC	48000
Corporación Rico SAC	49000

Nota. Adaptado de A. Barriga (Comunicación personal, febrero de 2021)

2.2.3. Residuos generados en centros de faenamiento avícola

Según la referencia usada en el trabajo de Toapanta (2018) la estructura física del pollo conserva el 86.4% de carne que se puede comer y un 13.6% son residuos. Sunada et ál. (2015) indica que los residuos producidos en centros de faenamiento de aves se constituyen en una gran preocupación para la industria cárnica. Los residuos generados en los centros de faenamiento o mataderos de aves de corral son mayormente fracciones de plumas, músculo, vísceras, hueso, grasa y sangre que presentan un alto potencial contaminante y también pueden ser una fuente de transmisión de enfermedades. El trabajo de investigación de Florida (2019) realizó una revisión de los trabajos de investigación de diversos autores resumiendo los subproductos (ver Tabla 7).

Tabla 7.
Subproductos de la industria avícola.

Componente	Referencias			Media*	Total residuos (%) *
	Cervantes (2011)	Rodríguez (2011)	Jerez et ál. (2004)		
Sangre (%)	3	4	3.04	3.34	
Plumas (%)	5.5	6	4.14	5.21	15.82
Vísceras (%)	6.5	8.5	6.82	7.27	

Nota. Adaptado de Florida (2019)

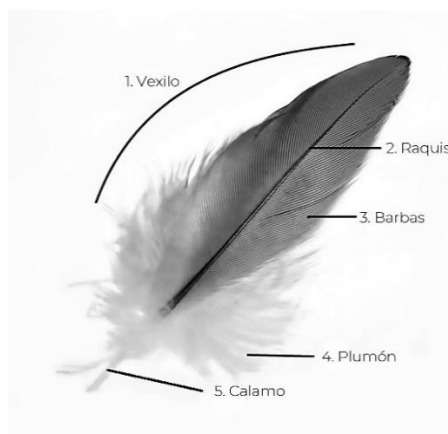
2.2.4. Pluma

La pluma es una composición epidérmica, consta de un eje central duro denominado raquis con paletas más suaves en cada lado, la paleta está formada de varias ramas laterales denominadas barbas compuestas de queratina (Ortega et ál., 2017).

2.2.4.1. Características de las plumas de ave

Según Picado (2016), las plumas de ave muestran cualidades para defender la dermis, regular la temperatura corporal, hacer viable la funcionalidad del vuelo o flotar sobre el agua y son repelentes e impermeables al agua. En la Figura 2 se muestra la estructura de la pluma de pollo.

Figura 2.
Estructura de la pluma de pollo.



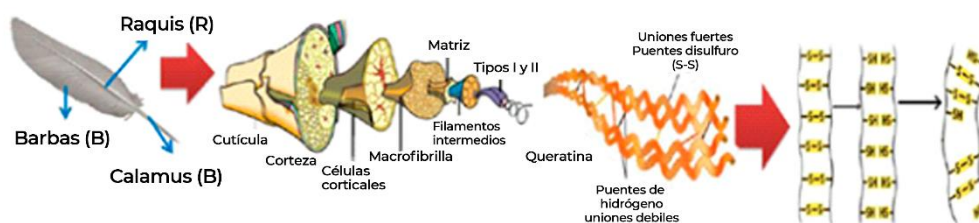
Nota. Adaptado de Picado (2016)

2.2.4.2. Composición y complejidad estructural de las plumas

Florida (2019) señala que el 83% de las plumas presentan proteínas y Alzamora et ál. (2018) indica que la queratina refiere del 85 al 90% del absoluto de proteínas presentes. De acuerdo con Hernández (2020) las plumas contienen α -queratina y β -queratina, estas permanecen expresadas en diversas piezas de las plumas, presentando una estructura de 41-67% de α -queratina y 33-38% de β -queratina.

Picado (2016) indica que la queratina al ser una proteína de estructura terciaria es fibrosa insoluble, en base a ello Florida (2019) y Hernández (2020), indican que su degradación es complicada debido a que es resistente a la descomposición por enzimas proteolíticas como la tripsina, la pepsina y la papaína. Florida (2019) indica que la queratina contiene gran diversidad de aminoácidos hallando en su mayoría la glicina y cisteína, esta última participa en la formación de enlaces disulfuro. La queratina tiene deficiencia en histidina y metionina, lo que representa un condicionamiento para su manejo en la alimentación. En la Figura 3 se muestra su composición de acuerdo a Orjuela et ál. (2015).

Figura 3.
Composición de las plumas.



Nota. Adaptado de Orjuela et ál. (2015)

En la Tabla 8 se aprecia que las plumas de pollo tienen un elevado valor de proteína y materia orgánica ideal para bioabonos.

Tabla 8.
Componentes principales de las plumas.

Componente	Referencias					
	Florida y Reategui (2019)	Reddy et ál. (2016)	Tortosa (2016)	Benitez et ál. (2014)	Bertsch et ál. (2003)	Macanás (2012)
Proteína (%)	81.7	90	90	77.7	90	95
Grasa (%)	6.39	-	1.3	1.4	-	-
Fibra (%)	-	-	-	10.05	-	-
Cenizas (%)	2.74	-	-	3.28	-	-
Humedad (%)	-	-	-	4.9	-	-
MO (%)	98.7	-	-	-	-	-
N (%)	12.69	-	15	12.43	-	-
Densidad g/cm ³	-	0.9	-	-	-	-
Azufre %	-	-	2	-	-	-

Nota. Adaptado de Florida (2019) y Macanás (2012).

2.2.5. Impacto ambiental por la inadecuada disposición de plumas

Florida (2019) en su trabajo de investigación basado en la información recopilada, señala que en Perú se generan 90 642.6 miles de toneladas de plumas. El manejo inadecuado de dichos desperdicios proporciona sitio a potenciales inconvenientes de salud ambiental y humana.

- a) **Impacto a la calidad de agua:** La inadecuada disposición de plumas ocasiona alteraciones negativas en las aguas superficiales y subterráneas debido al aumento de los niveles de nitrógeno, fósforo, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno DBQ5 (Florida, 2019).
- b) **Impacto a la calidad de aire:** Aquí tenemos la posibilidad de nombrar al destino y efectos del amoníaco, el sulfuro de hidrógeno y emisiones de gases de efecto invernadero, que se generan a lo largo del proceso de descomposición (Florida, 2019).
- c) **Impacto socio ambiental:** Debido a la propagación de vectores zoonóticos como moscas, roedores y animales carroñeros y por la emisión de olores ofensivos afectando directamente a las poblaciones que habitan en un radio de al menos 100 m (Florida, 2019).

2.2.6. Manejo de Residuos Sólidos No Municipales

Según el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016 - 2024, el manejo de residuos es un conjunto de actividades enfocadas a brindar a los desechos el destino más apropiado, teniendo en cuenta sus particularidades, para evitar daños a la salud y al ambiente. Comprende actividades técnicas operativas que incluyen: manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento usado desde la generación hasta su disposición final (Plan Integral de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016).

El DL N° 1278 del MINAM señala que la empresa generadora de residuos sólidos no municipales es responsable del manejo de sus residuos, este manejo debe ser seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, del mismo modo las áreas afectadas por dichos residuos (Decreto Legislativo N°1278-2017-MINAM). Así mismo, según la Ley General del Ambiente, señala que la empresa que participa en el manejo de residuos y produzca daños al ambiente debe hacerse cargo y realizar estrategias para su restauración, rehabilitación, reparación o compensación en términos ambientales (Ley 28611 de 2005). Además, el DL N° 1278 del MINAM indica que están obligados a:

- a) Clasificar y caracterizar los residuos según normas técnicas adecuadas al tipo de residuo.
- b) Evitar la contaminación dentro de la instalación y evitar riesgos al contar con lugares, instalaciones y contenedores adecuados para la recolección de residuos
- c) Establecer e implementar una estrategia de valorización de residuos como opción primaria de gestión.
- d) Velar por el tratamiento y correcta disposición de los residuos que generan.
- e) Mantener registros internos de generación y gestión de residuos para cumplir con la Declaración Anual de Gestión de Residuos.
- f) Declarar a través de SIGERSOL, la declaración Anual de Manejo de Residuos Sólidos.
- g) Presentación de un plan de gestión de residuos cuando se modifican las disposiciones de la herramienta de gestión ambiental aprobada.
- h) Presentación de un manifiesto sobre disposición de residuos peligrosos.
- i) El cumplimiento de las otras obligaciones señaladas en las normas del D.L. N° 1278.
- j) En el caso de productores no municipales de residuos sólidos ubicados en zonas donde no exista infraestructura autorizada y/u operador de residuos sólidos, el productor deberá identificar en los documentos ambientales las alternativas de manejo aplicables a los residuos sólidos, debiendo precisar las medidas para asegurar una adecuada recuperación del funcionamiento y/o desperdicio.

La subcontratación de la gestión de residuos a un tercero no exime al productor de las obligaciones anteriores. El tercero también deberá verificar la vigencia y alcance de los permisos otorgados al contratista y contar con la documentación que acredite la planta de tratamiento o su disposición final y más allá de eso, tener las facultades legales apropiadas. En el caso de venta de residuos, ésta debe hacerse directamente del productor o empresa comercial de residuos sólidos.

2.2.7. Tratamiento de residuos orgánicos

Según el Artículo 40° del Decreto Legislativo N° 1278 del MINAM (2017) el tratamiento de residuos se refiere a los procesos, métodos o técnicas que permiten modificar las características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido, con el fin de mitigar o eliminar su potencial peligro a la salud o al ambiente y se encuentran dirigidos a valorizar o facilitar la disposición final. Deben ser desarrollados por las municipalidades, empresas generadoras o las Empresas

Operadoras de Residuos Sólidos en las instalaciones autorizadas. El Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario (MINAGRI, 2012) en su artículo 24° señala que los residuos orgánicos del Sector Agrario, tienen que recibir tratamiento con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen, además recuperar materia o sustancias valorizables, facilitando su uso como fuente de energía. El tratamiento de los residuos peligrosos puede ser realizado por el generador y de no contar con un sistema de tratamiento, deberá utilizar los servicios de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos autorizada para tal fin. Asimismo, el artículo 28° “Gestión de los residuos de establecimientos avícolas” indica que las operaciones de segregación pueden ser realizadas por una EC-RS con miras hacia el reprocesamiento de los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano; en tanto, las actividades de tratamiento pueden ser realizadas a través de una EO-RS autorizada para el compostaje.

El Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS 2017 - 2028) de la provincia de Arequipa señala que a pesar de que la generación de residuos de tipo orgánico es superior a la mitad de la generación total, pocas municipalidades les dan tratamiento para la generación de compost, sin evaluar los beneficios económicos (disminuyendo las toneladas que irían a disposición final), así como mejorar y ampliar las áreas verdes de sus distritos.

2.2.8. Tratamientos de las plumas

2.2.8.1. En la industria pecuaria

Según la revisión literaria realizada por Florida (2019) señala que las plumas representan el 39 % del total de desperdicios en centros de faenamiento; se torna necesario plantear alternativas orientadas a la preservación del ambiente, las industrias deben manejarse bajo parámetros ecologistas de manera permanente en el proceso industrial, para que su desarrollo no genere impactos negativos. Por tanto, uno de los principales factores que contribuyen hoy en día a mantener la calidad del ambiente, es el aprovechamiento de subproductos avícolas en la industria alimenticia de cerdos, vacunos, aves, peces y otros, como alternativas nutricionales que permitan reducir costos sin afectar de manera adversa la producción. El uso de plumas en dietas de aves, peces, cerdos y ganado rumiantes está siendo tratado y estudiado por diversos autores por el gran potencial nutricional de las plumas, previo procesamiento por hidrólisis o acciones enzimáticas de queratinasas.

2.2.8.2. Producción de bioabonos y su aplicación en la agricultura

Las plumas presentan un alto contenido de proteínas y de nitrógeno, su utilización en la preparación de compost incrementa hasta un 4,8 % de nitrógeno, valor muy alto en comparación a otros abonos tipo compost a base de diferentes insumos de fuentes naturales orgánicas. Las plumas también son fuente de péptidos, aminoácidos y minerales para los fertilizantes orgánicos. Su degradación y aplicación en suelos podría ser una fuente económica de compuestos nitrogenados para las plantas, ya que se generan aminoácidos como el triptófano, un precursor de la hormona del crecimiento de las plantas, también ácido indol-3-acético (IAA), una fitohormona esencial para la germinación de semillas, crecimiento y desarrollo de las plantas, incluida la plasticidad celular, elongación del tejido, embriogénesis y emergencia de las raíces colaterales, es decir, se observa una mejora integral del cultivo (Florida, 2019).

El uso de las plumas (hidrolizadas o compostadas) en la agricultura, al parecer responde mejor frente a los cultivos que requieren cantidades bajas pero constantes de nitrógeno, para mantener la calidad del producto y rendimientos aceptables, como en el caso del tabaco y el cacao. Por lo tanto, en Perú, los bioabonos a base de plumas tendrían un mercado potencial muy grande en la producción de cacao ya que al 2017 las áreas alcanzaron 199 mil hectáreas y casi el 60 % con manejo orgánico (Florida et ál., 2019). Lo que garantiza la viabilidad de la producción de bioabonos a base de plumas (Florida, 2019).

2.2.8.3. Otras aplicaciones

El potencial de utilización de las plumas no se limita a la industria alimenticia pecuaria y como bioabonos en la agricultura, pueden también ser usadas como fuente de peptona en la producción de biomasa láctica, para la obtención de queratina cosmética, bioplásticos, en la Industria textil como fibra natural para relleno de almohadas, colchones, bolsas de dormir y otros, con características estructural y mecánicas únicas, como materias primas livianas, de bajo costo y biodegradables para la fabricación de material de embalaje, la bioadsorción de metales pesados, bioenergía y aplicaciones biomédicas. Por tanto, los múltiples usos que se le pueden dar están relacionados a sus propiedades mecánicas y estructurales únicas, que incluyen biodegradabilidad, bioreabsorbilidad, biocompatibilidad, esterilización, funcionalidad, autoensamblaje y capacidad de fabricación (Florida, 2019).

2.2.9. Compostaje

El compostaje es una ecotecnología con un proceso biológico que de manera segura permite la transformación, estabilización y valorización de los residuos orgánicos. Su sistema de estabilización requiere condiciones controladas, particularmente aireación y humedad, las cuales permiten alcanzar temperaturas favorables de los microorganismos termófilos. Se considera que este modo de gestión es una manera respetuosa con el ambiente. Podemos decir que el compostaje es el resultado de la suma de procesos metabólicos realizado por diferentes microorganismos, los cuales, en presencia de oxígeno, utilizan el nitrógeno (N) y el carbono (C) para generar su propia biomasa, donde los microorganismos producen calor y un sustrato sólido, aunque con niveles más bajos de C y N, pero más estable (Román et ál., 2013; Moreno & Moral, 2008). Además, este proceso genera dióxido de carbono, vapor de agua y calor, que pueden ser aprovechados por las plantas, se disipan a la atmósfera y queda un resto que es lo que conocemos como compost.

El compost es un abono orgánico, sólido, resultante de la degradación de residuos orgánicos mediante la actividad de microorganismos, esta degradación se puede dar en condiciones aeróbicas (en presencia de aire) y anaeróbicas (en ausencia de aire). Este producto puede ser usado para la horticultura, agricultura, silvicultura, reforestación, mejoramiento o para la rehabilitación de suelos afectados por rellenos sanitarios o botaderos informales (INIA, 2008; Roben, 2002).

Sunada et ál. (2015) indica que se necesitan de técnicas especiales para reducir los residuos generados en los centros de faenamiento de aves a fin de reducir el potencial contaminante y que el compostaje es considerado por varios autores como un método eficiente para el tratamiento de residuos orgánicos de centros de faenamiento o mataderos de aves. Como ya se ha mencionado el compostaje es un proceso que ocurre mediante la estabilización de materia orgánica en condiciones de altas temperaturas (por encima de 45 °C), obteniendo un producto final estable, higienizado, rico en compuestos húmicos y cuyo uso en el suelo no suponga un riesgo para el ambiente.

2.2.9.1. Fases del compostaje

- a) **Fase Mesófila.** Esta fase inicia con la construcción de la pila de materiales a compostar. El proceso se encuentra a temperatura ambiente, empiezan a multiplicarse los microorganismos mesófilos (que se desarrollan a temperaturas medias) y en pocos días o a veces hasta horas, la temperatura aumenta hasta los 45 °C. Esto sucede debido a que los microorganismos aprovechan las fuentes sencillas de C y N y, por ende, generan calor y dióxido de carbono. En esta fase también se da la descomposición de compuestos solubles tales como los azúcares. Se producen ácidos orgánicos lo que puede llevar a la disminución del nivel de pH aproximándose a valores de 4.0 - 4.5. La duración de esta fase puede estar entre uno y 8 días (Román et ál., 2013; Alonso, 2011).
- b) **Fase Termófila o de Higienización.** Debido al aumento de temperatura generado en la fase anterior en la que pueden alcanzar hasta los 45 °C, los microorganismos mesófilos quedan inhibidos y son sustituidos por microorganismos termotolerantes y termófilos, mayormente bacterias termófilas gram negativas, los cuales se adaptan mejor a altas temperaturas, pero se van proliferando de forma no tan adecuada ya que aún no han alcanzado su rango óptimo de temperatura, debido a ello en esta fase se muestra una ralentización en el aumento de temperatura con respecto a la de la fase anterior. Estas bacterias se encargan de degradar las fuentes más complejas de carbono C, como grasas, proteínas y glúcidos complejos (polisacáridos como la celulosa, la lignina y la hemicelulosa), los cuales son componentes estructurales básicos de las plantas. Empiezan a predominar los actinomicetos que junto con unos *Bacillus* metabolizan proteínas transformando el nitrógeno en amoníaco, con la consiguiente alcalinización lo que genera que el nivel de pH se eleve. A causa de la degradación de algunos polímeros se logra la liberación de nuevas sustancias monoméricas simples que pueden ser aprovechados por otros microorganismos, entonces la actividad microbiana va aumentando su intensidad y la temperatura también se incrementa hasta superar los 60 °C, generando que las tasas de degradación sean mayores que las de la fase anterior. Es importante tener en cuenta que las bacterias predominantes entre los 50 y 60 °C son las esporuladas como *Bacillus Spp.*, así como los actinomicetos termotolerantes y termófilos. Las bacterias termófilas realizan una degradación exclusiva en temperaturas superiores a los 60 °C y esa elevada temperatura también limita el suministro de oxígeno, ya que la solubilidad de oxígeno en agua es menor a mayor temperatura, provocando una disminución de la actividad microbiana y en consecuencia la

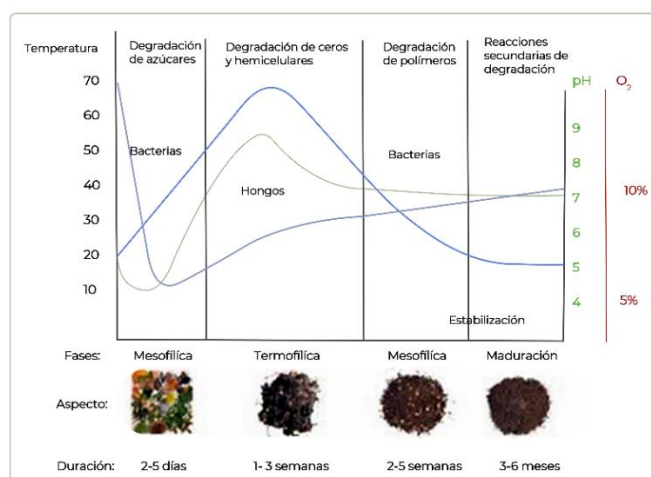
temperatura. La duración de esta fase puede variar desde unos días hasta unos meses, debido a los materiales y la cantidad, las condiciones climáticas del lugar, los factores de humedad, aireación y otros factores (Román et ál., 2013; Alonso, 2011; Moreno & Moral, 2008).

Esta fase es también llamada de higienización porque las elevadas temperaturas eliminan algunas bacterias y contaminantes potencialmente dañinos como las de origen fecal, un ejemplo es *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, además de eliminar los quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas (Román et ál., 2013; Alonso, 2011; Moreno et ál., 2008).

- c) **Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Ya que se agotaron las fuentes de carbono y principalmente el nitrógeno, la temperatura empieza a disminuir a una temperatura aproximada de 40 a 45°C y los microorganismos mesófilos vuelven a dominar, pero estos microorganismos son distintos a los de la fase mesófila inicial como los hongos que aparecen en los bordes de las pilas, los cuales pueden ser considerados indicadores de esta fase, estos son capaces de degradar compuestos complejos, la degradación de polímeros como la celulosa continúa. La pila se transforma en un ecosistema de gran biodiversidad ya que, aunque las bacterias mesófilas se encuentran en bajo número, su diversidad es mayor que en las fases anteriores presentando nuevas actividades de importancia para la maduración del compost. Participan en la oxidación de la materia orgánica, la oxidación del hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros, así como en la fijación de nitrógeno, reducción de sulfatos, producción de exopolisacáridos y producción de nitrito a partir de amonio bajo condiciones heterotróficas (Román et ál., 2013; Moreno & Moral, 2008). El pH disminuye acercándose a la neutralidad, pero aun ligeramente alcalino. La duración de esta fase es de varias semanas a varios meses y es posible confundirla con la fase de maduración (Alonso, 2011).
- d) **Fase de Maduración.** En esta fase la comunidad se hace más estable y compleja, además, se suman otros organismos como los protozoos, nemátodos y miriápodos generando reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados los cuales forman ácidos húmicos y fúlvicos. La composición se asemeja a la de ambientes oligotróficos como los suelos y se hacen presentes microorganismos como *Arthrobacter* (Román et ál., 2013; Moreno & Moral, 2008).

En la Figura 4 se observan las cuatro fases del proceso de compostaje, con el comportamiento de la temperatura, el pH y el oxígeno.

Figura 4.
Fases en el proceso de compostaje.



Nota. Román et ál. (2013)

2.2.9.2. Parámetros de control durante el compostaje

Los microorganismos como principales actores de este proceso biológico, cuentan con parámetros que afectan su desarrollo, reproducción y por ende la correcta mineralización de la materia orgánica, por ello es necesario tenerlos bajo vigilancia. Existen dos tipos de parámetros:

- i. **Parámetros de seguimiento** (han de ser medidos todo el proceso y ser controlados de ser necesario para que se encuentren dentro del rango óptimo), encontramos a la temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre.
- ii. **Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato** (han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos, principalmente al inicio del proceso), se encuentran el tamaño de partícula, relación C/N, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica.

Cabe resaltar que los valores óptimos de los parámetros están influenciados por las condiciones ambientales, las materias a compostar y el sistema de compostaje (Román et ál., 2013; Alonso, 2011; Moreno & Moral, 2008).

- a) **Temperatura:** Este parámetro cuenta con un gran rango de variación porque depende de cada fase del proceso. El proceso inicia a temperatura ambiente y sin necesidad de ninguna actividad controlada puede superar hasta los 65 °C, a esto se le llama calentamiento externo, el aumento de la temperatura es el resultado del calor de la actividad vital de los microorganismos que están degradando los ingredientes de la pila. Las altas temperaturas permiten mayor aceleración del metabolismo en los microorganismos. Después de llegar a este punto inicia el descenso hasta alcanzar de nuevo la temperatura ambiente. Es importante no permitir que la temperatura decaiga demasiado rápido, debido a que la mayor temperatura y tiempo permiten una mayor velocidad de descomposición, además, una mejor higienización. Se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que a pequeños cambios de pH, humedad o C/N, por eso este parámetro es considerado fundamental para el control del proceso, en la Tabla 9 se muestran los valores óptimos de temperatura (Román et ál., 2013; Alonso, 2011; Moreno & Moral, 2008).

Tabla 9.
Valores óptimos de temperatura.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
F. mesófila	35°C < 45°C	10°C - 42°C
F. termófila	45°C - 70°C	45°C - 70°C
Temperatura	F. mesófila II	< 45°C
	F. maduración	Temperatura ambiente

Nota. Adaptado de Román et ál (2013) y Moreno & Moral (2008)

- b) **Humedad:** Este parámetro es importante para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular, el valor óptimo puede variar según la materia, el estado físico y tamaño de las partículas. En el caso que la humedad baje a valores menores del rango óptimo, la actividad microbiana se verá afectada

disminuyendo y no permitirá que se culmine la fase de degradación, teniendo como resultado un producto biológicamente inestable. Si por el contrario el valor es demasiado alto ocurrirá una saturación de los poros interfiriendo directamente en la oxigenación del material, así que una manera de contrarrestar es aumentando la aireación. Una de las técnicas más sencillas para medir la humedad es la “técnica del puño” (Román et ál., 2013). Pequeñas variaciones de este parámetro producen grandes cambios en la temperatura (Moreno & Moral, 2008). En la Tabla 10 se muestran los valores óptimos de humedad.

Tabla 10.
Valores óptimos de humedad.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
Humedad	45 % - 60%	50% a 70%

Nota. Adaptado de Román et ál (2013) y Moreno & Moral (2008)

- c) **pH:** Este parámetro depende de los materiales de origen, también varía en cada fase del proceso. Su nivel inicial es ácido debido a la formación de ácidos orgánicos, luego en la fase termófila se alcaliniza debido a la conversión del amonio en amoniaco procedente de la descomposición de proteínas y en la fase de maduración se estabiliza con valores cercanos al neutro, debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón (Román et ál., 2013). A través del seguimiento del pH podemos obtener una medida indirecta de la aireación de la mezcla, debido a que si se generan condiciones aeróbicas tendremos la producción de ácidos orgánicos, provocando el descenso del pH (Moreno et ál., 2008). En la Tabla 11 se muestran los valores óptimos de pH.

Tabla 11.
Valores óptimos de pH.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
pH	4.5 - 8.5	5.5 - 9

Nota. Adaptado de (Román et ál., 2013 y Moreno & Moral, 2008)

d) Aireación: El proceso de compostaje se puede hacer en presencia de oxígeno (aerobia) o en ausencia (anaerobia), pero la degradación anaerobia es lenta, menos eficiente energéticamente y suele producir malos olores. Una aireación adecuada permite la respiración de los microorganismos, lo que lleva a la liberación de dióxido de carbono. Una correcta aireación evita la compactación del material o por el otro extremo la formación de charcos. La fase termófila es la que alcanza la mayor tasa de consumo.

El intervalo óptimo de los niveles de saturación de oxígeno se encuentra entre 5% y 10%. El exceso de aireación puede generar descenso de la temperatura, perdiendo humedad por evaporación, conllevando a la paralización del proceso por escasez de agua, ya que los microorganismos se deshidratan, en algunos casos producen esporas y se detiene la actividad enzimática que degrada los diferentes compuestos. Una baja aireación, impide la adecuada evaporación de agua, produciendo un exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis, lo que genera malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico H₂S o metano CH₄ en exceso.

Para una correcta aireación podemos realizar volteos de la pila (manual o mecánicamente), un diseño en la pila que permita al aire difundirse hasta el centro o mediante un sistema que aspira o insufla a través de la pila (Román et ál., 2013; Alonso, 2011; Moreno & Moral, 2008). En la Tabla 12 se muestran los valores óptimos.

Tabla 12.
Valores óptimos de aireación.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
Aireación	5% - 15%	5% - 10%

Nota. Adaptado de Román et ál (2013) y Moreno & Moral (2008)

- e) **Relación C/N:** La relación de carbono y nitrógeno del material de partida debe ser adecuada para asegurar un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y N (Moreno et ál., 2008). La relación numérica se obtiene al dividir el contenido de carbono total (%C) sobre el contenido de nitrógeno total (%N) de la materia a compostar (Román et ál., 2013). Normalmente los microorganismos utilizan 30 partes de C por cada una de N; Kornilłowicz-Kowalska et ál. (2010) indican que la intensidad de crecimiento de comunidades ecológicas y fisiológicas particulares dependen del contenido químico y la relación C/N de biomasa, la más adecuada C/N = 25. En caso de que esta relación exceda ese valor la actividad biológica disminuirá y por ende los microorganismos tendrán que oxidar el exceso de carbono, ralentizando el proceso, esto debido a la deficiencia de N disponible. Cuando la relación C/N es más baja el proceso es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, lo que conduce a una autorregulación de la relación C/N. Se puede considerar que un compost está suficientemente maduro cuando $C/N < 20$ (Moreno & Moral, 2008). En la Tabla 13 se muestran los valores óptimos.

Tabla 13.
Valores óptimos de la relación carbono/nitrógeno.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
Relación C/N	15:1 - 35:1	25:1 - 35:1

Nota. Adaptado de Román et ál (2013) y Moreno & Moral (2008)

- f) **Tamaño de partícula:** Este parámetro está relacionado con la facilidad de acceso al sustrato, por ende, con la actividad microbiana. Para el caso de que las partículas sean pequeñas habrá una mayor superficie específica, lo que significa mayor facilidad de acceso al sustrato. Por otro lado, el tamaño de la partícula también está relacionado con la densidad del material, aireación de la pila, retención de humedad, teniendo en cuenta que, si el tamaño disminuye, la densidad aumenta (Román et ál., 2013). En la Tabla 14 se muestran los valores óptimos.

Tabla 14.
Valores óptimos de tamaño de partícula.

Parámetro	Referencias	
	Román et ál (2013)	Moreno & Moral (2008)
Tamaño de partícula	5 - 30 cm	1 - 5 cm

Nota. Adaptado de Román et ál (2013) y Moreno & Moral (2008).

- g) **Nutrientes:** Este parámetro está relacionado con la utilidad agronómica de los residuos a compostar. Este parámetro refleja la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean los residuos a compostar. Como elementos más importantes destacan los siguientes macronutrientes: C, N y P, estos son fundamentales para el desarrollo microbiano (Moreno & Moral., 2008).
- **Carbono:** Es necesario para una adecuada síntesis celular para la formación del protoplasma, lípidos, grasas y carbohidratos. El carbono se oxida durante el metabolismo produciendo energía y anhídrido carbónico. Este elemento constituye el 50 % de las células de los microorganismos y el 25 % de anhídrido carbónico que se pierde en la respiración, por ello debe estar presente en mayor cantidad.
 - **Nitrógeno:** Este componente es primordial para la reproducción celular por el valor proteico del protoplasma. Estudios demuestran que la calidad del compost está directamente relacionada con su contenido de N.

- **Fósforo:** Este componente es esencial en la formación de compuestos celulares ricos en energía, cumpliendo un rol importante en el metabolismo microbiano.

Los macronutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio. Los micronutrientes son necesarios en cantidades muy pequeñas, usualmente estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro, son importantes para el metabolismo vegetal y animal, porque participan en la síntesis de enzimas y en el transporte intracelular y extracelular (Román et ál., 2013).

h) Materia Orgánica: Los microorganismos usan ciertos compuestos procedentes de la materia orgánica para formar sus tejidos y otros son transformados en anhídrido carbónico y agua. Este parámetro tiende a disminuir debido a su mineralización y pérdida de carbono. Dichas pérdidas representan el 20 % del peso de la masa compostada. El proceso de pérdida ocurre en dos etapas. La primera ocurre con un rápido descenso de los carbohidratos donde las cadenas carbonadas largas se transforman en otras más simples, produciendo compuestos simples, algunos se reagrupan y forman compuestos húmicos. En la segunda etapa los materiales más resistentes como las ligninas se degradan lentamente y también se van transformando en compuestos húmicos. La velocidad de transformación varía según a la naturaleza física y química, de los microorganismos que actúan y de las condiciones fisicoquímicas del proceso (Román et ál., 2013).

i) Conductividad Eléctrica: Este parámetro va en ascenso durante el proceso de compostaje por efecto de la mineralización de la materia orgánica, produciendo un aumento en la concentración de nutrientes, también puede producir un descenso relacionado a fenómenos de lixiviación resultantes de una humectación excesiva. Los valores al iniciar y finalizar no deben superar los 3 000 uS/cm (Gordillo & Chávez, 2010).

2.2.9.3. Influencia de las condiciones climatológicas

Una de las condiciones externas más importantes para la transformación de los residuos en el compostaje es el factor climático (humedad, precipitación, temperatura, radiación solar y

viento). Porque de ello depende el tiempo suficiente para el compostaje de los residuos. (Arizaga, 2019)

Por ejemplo, cuando el clima es muy frío, el proceso tarda más debido a las bajas temperaturas y, en ocasiones, incluso se detiene, porque no es posible la correcta utilización de los equipos de medición debido a las heladas y la nieve. Las lluvias excesivas también pueden causar encharcamientos y problemas anaeróbicos si el suelo no está bien drenado y tiene una pendiente inadecuada (Negro et al., 2000).

2.2.9.4. Técnicas de compostaje

Según Román et ál. (2013) y Moreno & Moral (2008) los factores más importantes a considerar para elegir una técnica son: Tiempo de proceso, posibilidad de aplicación, espacio requerido, tipos de residuos, consumo de agua y energía, impacto ambiental, seguridad higiénica requerida, costos de inversión y gestión, existencia de experiencia, condiciones climáticas y aceptación del producto final.

- i. **Sistemas cerrados o en recipiente:** Este sistema es ideal cuando se cuenta con una cantidad pequeña de residuos, se puede considerar para realizar compostaje casero familiar. Este sistema presenta una serie de características favorables para su replicación, como ventajas evita la acumulación de lluvia, protege al material de vientos, facilita el volteo, facilita la extracción de lixiviados, controla la invasión de vectores biológicos y el tiempo del proceso de compostaje es menor que en una pila. La desventaja que presenta este método es que puede alcanzar altas temperaturas, por lo que el control de los parámetros requiere mayor importancia.

Para empezar, se debe elegir un recipiente adecuado. Esta elección debe basarse en el tipo de bidones que haya disponibles localmente, la cantidad de material con que se cuenta para compostar, el área donde se colocará el recipiente y el tipo de proceso.

Existen dos modalidades básicas de disposición del recipiente:

- a) **Vertical (continuo):** El envase se apoya sobre su base. El material a compostar se agrega en la parte superior y el abono se obtiene por la parte inferior. Es continuo porque

el material a compostar entra constantemente y el abono también sale constantemente por la parte inferior (Román et ál., 2013).

b) **Horizontal (discontinuo):** El recipiente se apoya sobre su eje longitudinal. Es intermitente porque después de cargar el contenedor de compost, hay que esperar a que termine el proceso de compostaje para retirar el material antes de agregar más material (Román et ál., 2013).

i. **Sistemas abiertos o en pilas:** Es ideal cuando se cuenta con cantidad variada y abundante de residuos orgánicos. Las formaciones de pilas son de muchos tipos, con diferentes características como volumen, forma, ubicación y espaciado, pero comparten capas alternas frecuentes de diferentes materiales para lograr una relación C/N, temperatura y humedad adecuada (Román et ál., 2013).

Según Rynk et ál. (1992) los tres métodos más comunes de compostaje en las granjas son los siguientes:

- a) **Pilas estáticas:** En este método se apilan los materiales a compostar, no se realizan movimientos y esta manera se efectuará una aireación pasiva.
- b) **Pilas estáticas con aireación pasiva u obligada:** En estas pilas los materiales son aireados frecuentemente para asegurar la concentración adecuada de oxígeno. Para la aireación pasiva se utilizan tubos perforados y para el caso de la aireación forzada se realiza una inyección o succión de aire.
- c) **Hileras con volteo:** El material compostable se coloca en hileras y se voltea durante el proceso, que puede ser manual o mecánico.

2.2.9.5. Aplicación del compost

Según Román et ál. (2013) el compost se puede aplicar a partir de la fase mesófila II cuando este se encuentre semi maduro, y cuando ya esté maduro. La ventaja del compost semimaduro es una alta actividad biológica y un mayor porcentaje de nutrientes fácilmente absorbidos por las plantas que en el compost maduro. La desventaja es que aún no tiene un pH estable y puede afectar negativamente la germinación, por lo que este compost no se utiliza para la germinación de semillas o plantas sensibles.

2.2.9.6. Beneficios del compostaje

Tenemos las ventajas más importantes del compostaje: rápida descomposición de los residuos, reciclaje del 50% de la pulpa y los nutrientes, producción de sustancias húmicas, microorganismos benéficos y nitrógeno de liberación lenta, la posibilidad de una tecnología simple y, por lo tanto, una inversión relativamente pequeña (Vaverková et ál., 2020; Moreno & Moral, 2008).

El compost permite reducir el uso de fertilizantes químicos, lo que reduce la toxicidad y mitiga la erosión y descomposición del suelo, recupera las características físicas y químicas del suelo que han sido alteradas por la agricultura, esto por ser un producto rico en proteínas y minerales (Delgado et ál., 2019). Morisaki et ál. (1989) y Matheus et ál. (2007) argumentan que el compost tiene la capacidad de aportar nutrientes a todo tipo de suelos, incluyendo regiones áridas y semiáridas, incluidos ecosistemas afectados por incendios y sequías, favoreciendo así la recuperación de la flora microbiana. Esto se debe a que aporta principalmente nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica.

Cuando se aplica al suelo, mejora la infiltración y la retención de agua, reduce los cambios de temperatura, mejora la salud de los cultivos al promover el control orgánico de plagas y proporcionar nutrientes para la nutrición de las plantas (Moreno & Moral, 2008).

La aplicación de compost en sistemas agroecológicos es benéfica, ya que el compost como se ha mencionado tiene propiedades que mejoran el suelo, también tienen retención de agua y permiten que el agua atraviese sin alterar su conformación interna, lo que mejora la estructura del suelo y proporciona sustento nutricional para el crecimiento de los cultivos. Además, es un producto asequible que no contiene fertilizantes químicos (Delgado et ál., 2019).

2.2.9.7. Impacto ambiental del compost

El compost es un proceso biológico que debe ser controlado adecuadamente, sino se pueden generar los siguientes impactos:

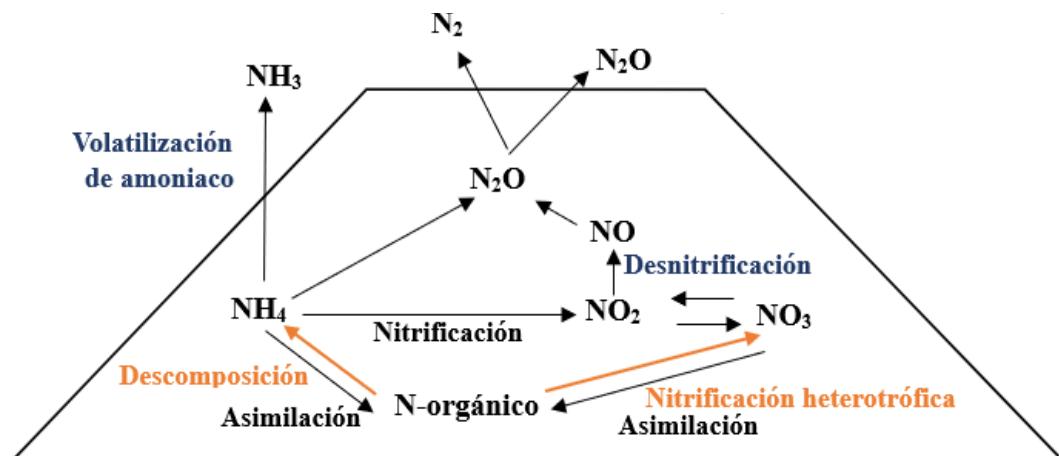
- a) **Suelo:** Si se utiliza compost inmaduro e inestable, puede alterar la inmovilización de nitrógeno en el suelo, inhibir el desarrollo de las plantas y causar fitotoxicidad. Si el compost contiene metales pesados, daña la calidad del suelo (Roben, 2002). Por ello es necesario tener control de la calidad de compost.

b) **Aire:** Un control inadecuado puede potenciar al aumento de las emisiones de amoníaco y dióxido de carbono, produciendo gases de efecto invernadero y olores desagradables que provocan la contaminación del aire, aunque las emisiones de olores no son peligrosas, patógenas ni contaminantes debido a las bajas concentraciones de emisión (Vaverková et ál., 2020 & Roben, 2002). Para evitarlo, se deben ajustar los parámetros de humedad y temperatura y se deben cubrir las pilas con capas de pasto, guano u otro material adecuado como filtro biológico. De acuerdo con Tortosa (2021), las moléculas orgánicas que contienen nitrógeno experimentan dos tipos de reacciones:

- El primero produce amonio (NH_4), que se convierte fácilmente en amoníaco, un gas que se libera a la atmósfera cuando el pH del compost se vuelve alcalino.
- El segundo produce nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-), que también son aniones muy reactivos y móviles que pueden convertirse en los gases óxido nitroso (NO) y óxido nitroso (N_2O) durante la reacción de desnitrificación. El estudio de estos procesos, y especialmente de los microorganismos que los regulan, puede ayudarnos a reducir estas emisiones y reducir nuestro impacto ambiental.

Figura 5.

Transformación y emisión de nitrógeno en el proceso de compostaje.



Nota: Adaptado de Tortosa (2021)

c) **Agua:** Debido al alto contenido de agua de los residuos y al riego durante las primeras semanas de compostaje (pre-fermentación e inicio de la actividad de fermentación),

existe una producción de lixiviado (Vaverková et ál., 2020), que puede afectar al suelo y a las aguas subterráneas. Para evitar esto, se recomienda elegir un área con suelo arcilloso. No se recomienda el reúso de lixiviados para compostaje porque está altamente contaminado y corre riesgo la desinfección del material compostable (Roben, 2002).

2.2.10. Bacterias queratinolíticas

Según Cavello (2013), la queratina es una proteína altamente recalcitrante, con una alta resistencia a la degradación y, a pesar de esta propiedad, las queratinas no se almacenan en la naturaleza, lo que demuestra la presencia de microorganismos aptos de descomponer esta proteína. Rey (2018) señala que Molyneux en 1959 reportó el primer aislamiento de una bacteria queratinolítica, debido a lesiones que presentaban las ovejas, las cuales les causaban patologías en la piel. Para el aislamiento de estos microorganismos se utilizó lana y se identificó al género *Bacillus Spp.*

Según Filipello Marchisio et ál. (2000), la presencia y distribución de dichos microorganismos tienen una relación directa con la disponibilidad de queratina, la cual es positiva por la presión que generan los animales y el hombre. También se encuentran en ambientes tan extremos como el suelo antártico y las aguas termales, incluidos ambientes aeróbicos y anaeróbicos que incluyen bacterias, hongos y actinomicetos.

La búsqueda de bacterias con actividad queratinolítica ha ido aumentando, se han encontrado géneros de bacterias Gram negativas y Gram positivas. Estas bacterias producen queratinasas, una clase especial de proteasas en distintos tipos de sustratos y son activas contra sustratos proteicos que se pueden disolver en líquidos y también los que no pueden disolverse, lo que les permite degradar la queratina. Entre las bacterias Gram negativas, se encuentra el caso de *Vibrio sp.*, que produce hidrolizados a partir de plumas de aves de bajo valor biológico, pero de mejor digestibilidad. Dentro de las bacterias Gram-positivas, *Bacillus* es el género que genera la mayor cantidad de queratinasas capaces de degradar completamente la queratina de las plumas, incluido el raquis. Se han reportado las siguientes especies queratinolíticas del género *Bacillus*: *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. cereus*, *B. megaterium* y *B. thuringiensis* (Cavello, 2013 & Rey, 2018).

Citando a Cavello (2013), los microorganismos primero se adhieren a un sustrato y luego continúan colonizando produciendo hidrolasas que descomponen el sustrato. Ramnani & Gupta (2007) postulan que la degradación consta de dos pasos, comenzando con la ruptura de los enlaces disulfuro que componen la mayor parte de la queratina (sulfitolisis) y continuando con un proceso proteolítico por queratinasas, proceso que consiste en romper los enlaces peptídicos de la queratina.

En general, los sustratos de queratina se han utilizado para producir enzimas queratinolíticas, pero también se ha informado que otros sustratos estimulan esta producción, con Pillai & Archana (2008) recomendando harina de soja y Mitsui et ál. (2004) leche descremada.

Como señala Rey (2018), las bacterias queratinolíticas sobreviven en situaciones extremas y pueden aislarse de las mismas plumas de ave o del suelo de sus corrales, así mismo, viven con distintos rangos de pH y temperatura, lo que los convierte en microorganismos óptimos en biotecnología.

2.2.10.1. Aplicación de bacterias queratinolíticas en el compostaje

De acuerdo con Tamreihao et ál. (2018) la queratina que se encuentra en las plumas es una buena fuente de péptidos, aminoácidos y minerales para su uso como biofertilizante, también señala que los métodos tradicionales de degradación de las plumas consumen gran cantidad de energía, reduciendo la calidad general de las proteínas. Nagarajan et ál. (2018) da a conocer que el compost preparado a partir de la degradación de la pluma con bacterias queratinolíticas se podría emplear con éxito como una fuente económica de fertilizantes de nitrógeno de liberación lenta para las plantas.

Tamreihao et ál. (2018) expresa que el fósforo de las bacterias queratinolíticas presenta beneficios en el desarrollo de los cultivos, asimismo aumentar la capacidad de retención de agua, nitrógeno, carbono y contenido mineral del suelo, generando una elevación del contenido de proteínas, aminoácidos y clorofila de la planta. También sostiene que el compost de plumas refuerza el crecimiento de plantas en su etapa de germinación. Además, su aplicación al suelo aumenta la población de bacterias beneficiosas.

2.2.11. Prueba estadística Tukey

Creado por John W. Tukey, la prueba de Tukey, o comparación múltiple, consiste en una comparación de las medias de todos los posibles pares de tratamientos. Esta prueba se usa a menudo con ANOVA y se trabaja con muestras balanceadas (Navarro et ál., 2017).

Según García et al., (2001), la comparación múltiple de Tukey es muy utilizada en investigación agrícola y se recomienda por su sencillez, porque controla mejor dos errores estadísticos conocidos (α y β) (Navarro et ál., 2017).

2.2.12. Prueba ANOVA

ANOVA es la abreviatura de análisis de varianza, este análisis es una potente herramienta estadística de gran utilidad en muchos sectores para el control de los métodos analíticos, ya que permite analizar si existen diferencias entre las medias de las repeticiones de tratamientos (Monleón, 2016). También se considera uno de los métodos más precisos para calcular la variabilidad de un sistema de medición. (Botero et al., 2007)

Desde una perspectiva práctica, existen varios paquetes estadísticos de procesamiento que se pueden utilizar para realizar cálculos ANOVA rápidamente. Sin embargo, es importante que el usuario tenga la oportunidad de extraer conclusiones de los resultados obtenidos. (Botero et al., 2007)

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución Política del Perú, 1993

El artículo 2° se refiere a los "Derechos fundamentales de la persona" y establece que toda persona tiene derecho a un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. (Constitución Política del Perú de 1993).

2.3.2. Ley 28611, Ley General del Ambiente

Esta ley define los principios y normas que garantizan el derecho a un ambiente sano. En el capítulo 3 "Calidad ambiental" se encuentra el artículo 119° "Manejo de los residuos sólidos", en el cual encontramos el inciso 119.2°, que dice que los residuos sólidos, que no son de competencia del gobierno local, son responsabilidad de su generador hasta su disposición en las condiciones de control y vigilancia previstas en la legislación vigente (Ley 28611-MINAM, 2005).

2.3.3. Decreto Legislativo N° 1278 - Decreto legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos define los derechos, deberes y responsabilidades de toda la sociedad, cuyo fin es buscar constantemente la máxima eficiencia en el uso de los materiales y asegurar el adecuado mantenimiento y manejo de los residuos. Esta ley también especifica que se debe dar prioridad a la recuperación y valorización de materia y energía a través del compostaje y el procesamiento conjunto para garantizar la salud y la protección del ambiente.

De acuerdo con esta ley, el generador, operador y persona que se dedique a la gestión de residuos no incluidos en la gestión de residuos domiciliarios es responsable de su mantenimiento seguro, sanitario y respetuoso con el ambiente y de las áreas contaminadas con residuos, de conformidad con lo dispuesto en el presente reglamento, sus reglamentos, normas complementarias y normas técnicas correspondientes (D. L. N° 1278-MINAM, 2017).

2.3.4. Decreto Legislativo N° 1501 que modifica el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Este reglamento hace hincapié en la clasificación en la fuente y estipula que todos los productores deben clasificar sus residuos para garantizar su posterior tratamiento, eliminación o almacenamiento final. Asimismo, menciona que la valorización está diseñada como una opción de tratamiento y atención que debe priorizarse sobre la disposición final de los residuos. Dicha operación consiste en la transformación química y/o biológica de residuos sólidos para transformarlos total o parcialmente en insumos, materiales o recursos en diversos procesos. Esto debe hacerse en ambientes con infraestructura suficiente y autorizada para tal fin. (D. L. N° 1501-MINAM, 2020).

2.3.5. Decreto Supremo N° 016-2012-AG - Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario

Este reglamento tiene como objetivo promover la gestión y el manejo integral de los residuos sólidos del sector agrario, brindando una guía en el capítulo VII. Según el Artículo 28° “Gestión de los residuos de establecimientos avícolas” los tratamientos para estos residuos pueden ser realizadas mediante una EPS-RS autorizada para el compostaje y si el generador no cuenta con

una planta de tratamiento para estos residuos, esta debe entregarlos a una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos sólidos registrada en DIGESA o a una EC-RC. Asimismo, el inciso 28. 3. “Residuos de los mataderos avícolas” indica que los residuos sólidos generados durante esta actividad deberán ser manipulados y dispuestos en instalaciones que neutralicen su riesgo tras su eliminación o reprocesamiento (D. S. N° 016-AG, 2012).

2.3.6. Decreto Supremo N° 029-2007-AG - Reglamento del Sistema Sanitario Avícola

El presente reglamento tiene por objeto regular, vigilar y controlar las medidas de higiene en el sector avícola. El artículo 33°, Buenas Prácticas para el Manejo de Aves Muertas, Guano de Aves, Productos Dañados, Plumos u Órganos en establecimientos Avícolas, prohíbe el descarte de estos residuos en la vía pública u otros lugares donde perjudiquen a otros establecimientos, a la salud pública o al ambiente; Además, el artículo 34° establece que los desechos generados en establecimiento avícola deben ser tratados antes de salir para eliminar el riesgo de transmisión de enfermedades, y también deben transportarse en envases de almacenamiento para evitar escurrimiento o diseminación. El reglamento también presenta el Anexo 5 “Buenas prácticas de faenamiento” donde señalan que las plumas se deben dirigir a una zona de depósito para evitar su acumulación en la zona de faenamiento. Finalmente, en caso no se cumpla lo descrito, se sancionará al establecimiento con una multa de 67% UIT señalado en el Artículo 68° en el punto de sanciones (D. S. N° 029-AG, 2007).

2.3.7. Norma Técnica Peruana 201.207 - 2021

Esta Norma Técnica Peruana NTP 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos” tiene como objetivo confirmar los requisitos de compostaje de residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y forestales debidamente segregados (Instituto Nacional de Calidad, 2020).

Los requisitos se mencionan a continuación:

Requisitos físicos y químicos

- a) **Contenido de nutrientes:** El contenido de nutrientes presentes en el compost debe cumplir con los requisitos que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15.
Contenido de nutrientes.

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
	%	%
Nitrógeno	0.3	1.5
Fosforo	0.1	1
Potasio	0.3	1

Nota. Adaptado de INACAL (2020)

- b) **Olores:** De acuerdo con INACAL (2020), el compost debe tener los olores característicos de este producto sin olores desagradables como azufre, amoníaco, mercaptano y/o compuestos reducidos de azufre, entre otros.
- c) **Humedad:** Debe ser mayor al 15 % y menor al 35 % del peso del abono húmedo.
- d) **Densidad aparente:** No debe superar 0.7 g/cm³
- e) **Tamaño de partículas:** No debe superar los 16 mm, definidos por su mayor dimensión.
- f) **Materias inertes:** Se prohíben impurezas que excedan los 16 mm.
- g) **Conductividad eléctrica:** No debe superar los 5 dS/m.
- h) **pH:** Tiene que superar 5.0 y ser inferior a 8.5
- i) **Materia orgánica:** Debe ser mayor o igual a 20 %
- j) **Relación C/N:** Debe estar en el rango de 10/1 a 25/1.
- k) **Requisitos microbiológicos:** El compost debe cumplir con las especificaciones que se establecen en el Tabla 16 para parámetros microbiológicos.

Tabla 16.
Requisitos microbiológicos

Tipo de microorganismo	Valor máximo admisible
Coliformes fecales	< a 1 000 NMP por gramo de compost, en base seca
<i>Salmonella spp</i>	3 NMP en 4 g de compost, en base seca
Huevos de helmitos viales	< 1 en 4 g de compost, en base seca

Nota. Adaptado de INACAL (2020)

NPM = Número Más Probable (Estimación de la densidad de población de microorganismos viables en una muestra).



CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo “aplicativo con enfoque cuantitativo” ya que pretende dar solución a un problema que afecta a un individuo o a un determinado grupo en base a los resultados alcanzados.

De acuerdo con Hernández et ál. (1997) el nivel de investigación es “correlacional” ya que nuestro trabajo permite evaluar la dependencia entre diferentes eventos.

3.2. Diseño de la investigación

De acuerdo con Hernández et ál. (1997) el diseño es experimental - experimento “puro”, debido a que existe manipulación intencional de variables independientes y específicamente diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con factorial ya que se manipularon dos variables independientes y la combinación de los niveles de ambas variables resultó en un arreglo factorial de 2×2 .

3.2.1. Variables

3.2.1.1. Variables independientes

- a) Plumas de pollo
- b) Bacterias queratinolíticas

3.2.1.2. Variable dependiente

- a) Calidad de compost

3.2.2. Operacionalización de variables

En la Tabla 17 se muestra la operacionalización de variables de la presente investigación.

Tabla 17.
Operacionalización de variables.

Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Independiente	Cantidad de plumas generadas en un centro de faenamiento avícola	Cantidad de residuos	Kg
		Cantidad de bacterias queratinolíticas	Número de células/ml
	Tratamiento a partir de compostaje usando bacterias queratinolíticas	-Relación C/N de plumas, estiércol de bovino y residuos de poda	---
		-Humedad de plumas, estiércol de bovino y residuos de poda	(%)
		Cantidad de materia para el compostaje	Kg
		-Nitrógeno	(%)
Dependiente	Calidad del compost	-Potasio	(%)
		-Fósforo	(%)
		-Humedad	(%)
		-Materia Orgánica	(%)
		-Conductividad eléctrica	(dS/m)
		-Relación C/N	---
		-pH	---
-Coliformes fecales	NMP/g		

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales de laboratorio

- Bolsas Ziploc 25cm*20cm
- Gel packs
- Placas petri
- Beaker
- Tubos de ensayo
- Espátula recta de 8 pulgadas
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Vaso de precipitado (50 ml, 100 mL y 500 mL)
- Bagueta (6 mm x 25 cm)
- Embudos de vidrio
- Matraz Erlenmeyer (500 mL)
- Micropipeta
- Propipeta
- Tubos Falcon (15 ml)
- Asa de kolle
- Probeta (25 mL)
- Mortero de porcelana
- Piseta
- Tubos eppendorf (1.5 ml)
- Bolsa impermeable
- Malla (10 mm)
- Pipeta de (1 ml, 5mL y 10 mL)
- Papel filtro
- Papel Kraft
- Mechero
- Encendedor
- Ligas de goma
- Gradilla metálica
- Plástico Stretch Film

- Papel aluminio
- Cepillos para tubo de ensayo
- Luna de reloj
- Cámara de Neubauer
- Mascarillas quirúrgicas
- Guantes de nitrilo

3.3.2. Equipos de laboratorio

- Cámara de flujo laminar PURAIR HLF
- Frigobar ELECTROLUX ONE DOOR DE 47 LITROS ERD50G2HPI
- Estufa de secado y esterilización Conterm analógica J.P. SELECTA
- Autoclave HANCHEN 18 L
- Microscopio óptico BRESSER RESEARCHER TRINO 40 - 1000X
- Centrífuga 5702 HR GEMMY INDUSTRIAL CORPORATION
- Espectrofotómetro Rango Visible de Longitud de Onda 320 -1100nmBOECO S-200
Vis
- Balanza analítica BONVOISINA 0.001 g
- Incubadora MERMMET

3.3.3. Reactivos de laboratorio

- Agar agar
- Agar nutritivo
- Cristal violeta
- Yodopovidona (Iugol)
- Alcohol-acetona
- Safranina
- Peróxido de hidrógeno al 3%
- Gelatina
- Hielo
- Almidón al 1 %
- Glucosa
- Na₂HPO₄
- NaCl

- SO_4Mg
- KH_2PO_4
- K_2HPO_4
- MgSO_4
- Agua destilada
- Yema de huevo
- Alcohol iodado
- Polvo de plumas de pollo
- Tampón fosfato (ph 7.01)
- Ácido tricloroacético (TCA) al 10%
- Detergente
- Botellas de vidrio

3.3.4. Equipos de campo

- Termómetro digital de suelo con sonda inox 120 mm
- Navegador GPS portátil Garmin eTrex 10
- Cámara de celular Samsung Galaxy A51
- Balanza de 1000 kg Brimali

3.3.5. Herramientas de campo

- Tubos de PVC (2 metros de alto con orificios de 10 cm de diámetro c/u)
- Palana
- Cooler
- Rastrillo
- Pico
- Plástico impermeable
- Manguera de agua
- Costales
- Cilindro de plástico (60 L)
- Zaranda con orificios (10 mm)
- Flexómetro
- Guantes de cuero
- Lentes de seguridad

3.3.6. Insumos de compostaje

- Plumas de pollo
- Residuos de poda de césped
- Guano de bovino
- Agua
- Melaza
- Hígado de bovino
- Sal

3.3.7. Materiales de escritorio

- Laptop
- Cuaderno de apuntes
- Bolígrafos
- Plumones indelebles
- Tablero de madera A4
- Fichas de registro de datos
- Calculadora Casio Científica Estándar
- Stickers

3.4. Métodos de investigación

3.4.1. Etapa 1. Diagnóstico situacional acerca de la producción y manejo de plumas en un centro de faenamiento avícola

De acuerdo con la Guía metodológica del MINAM (2015) para el desarrollo del Plan de Manejo de Residuos, se realizaron las siguientes actividades:

Se contactó al gerente de un centro de faenamiento avícola y se solicitaron permisos correspondientes para acceder a su centro de operaciones (Figura 6), en adelante, con el fin de precisar la etapa en la que se generan las plumas de pollo, se realizó un mapeo del proceso de faenamiento con apoyo del personal responsable de operaciones (Figura 7), este mapeo de procesos permitió identificar los aspectos ambientales según metodología establecida en la Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (2015). Se utilizó un formato para determinar la generación diaria de plumas registrando el peso de las plumas

mojadas, el número total de pollos sacrificados y el peso de pollos con vísceras y sangre durante una semana (Figura 8 y Anexo 7.1). Para estimar el porcentaje de plumas secas de cada pollo se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 1:

Porcentaje de plumas secas por cada pollo

$$\% \text{ Plumas secas por pollo} = \frac{(\text{Peso Pollo vivo} - \text{Peso Pollo faenado con vísceras}) \times 100}{\text{Peso Pollo vivo}}$$

Figura 6.

Centro de operaciones del centro de faenamiento avícola.



Figura 7.

Flujograma de proceso de faenamiento de pollos.

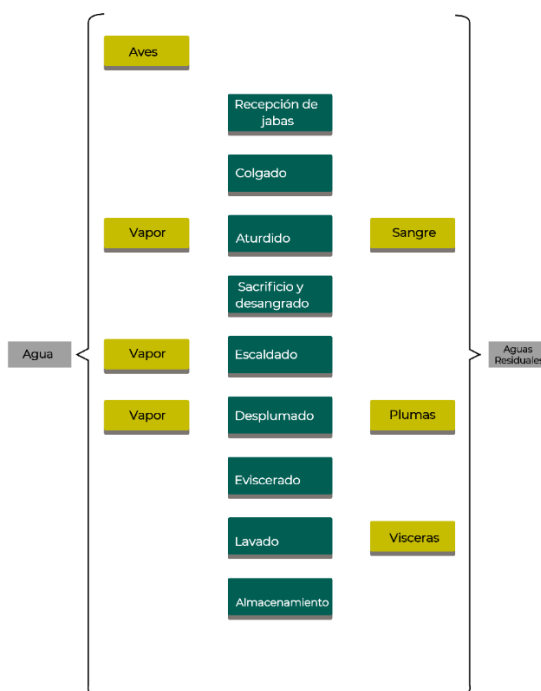


Figura 8.
Registro del pesaje de plumas de pollo.



A continuación, realizó una inspección (Figura 9) y se elaboró un esquema para identificar el manejo de las plumas dentro del centro de faenamiento (Figura 10), también se realizó el seguimiento a la ruta de los acopiadores que trasladan estos residuos para determinar su destino final (Figura 11). Se consultó al administrador del centro de faenamiento sobre la previsión de la empresa de implementar tratamientos alternativos y sostenibles de las plumas de pollo, también se realizó una visita al lugar de almacenamiento de las plumas y también se hizo la consulta al acopiador de plumas (Figura 12).

Figura 9.
Manejo actual de los residuos orgánicos plumas de pollo generadas en el centro de faenamiento.



Figura 10.

Esquema del manejo actual de los residuos orgánicos plumas de pollo.

Generación de plumas de pollo	Se da en la etapa de desplume y se generan humedecidas con presencia de sangre y heces fecales.
Almacenamiento temporal	Las plumas de pollo se almacenan durante horas en contenedores de plástico sin cubierta en el área de recepción de pollos vivos, no se evita el escurrimiento de lixiviados debido a que los contenedores presentan agujeros.
Recolección selectiva	Un acopiador recoge las plumas todos los días, el acopiador no cuenta con un equipo de protección al realizar esta tarea y tampoco informa acerca del destino final de los residuos.
Transporte	Se realiza en un camión con baranda de 5 TN aproximadamente, el cual no permite la protección del residuo para evitar su exposición y diseminación.
Acopio	Las plumas se acopian en el AA.HH. Ampaca, ubicado en la vía Autopista La Joya, en el distrito de Cerro Colorado, este lugar no cuenta con las condiciones adecuadas para el acopio de este residuo, las personas que allí trabajan tampoco cuentan con medidas de seguridad biosanitarias.
Tratamiento	No se realiza ningún tratamiento, solo se realiza el secado de las plumas, que por sus grandes dimensiones genera un foco infeccioso.
Disposición Final	Las plumas secas son empacadas y vendidas a bajos precios a una planta de harinas ubicada en el departamento de Lima.

Figura 11.

Transporte inadecuado de las plumas de pollo.



Figura 12.

Destino final de las plumas de pollo.



3.4.2. Etapa 2. Obtención de bacterias queratinolíticas con potencial de degradación de plumas de pollo

3.4.2.1. Obtención de muestras

- a. **Obtención de muestra de suelo:** La muestra se obtuvo del suelo de una granja avícola (Figura 13) en el distrito de Characato de Arequipa. Según los protocolos de muestreo de Nagarajan et ál., (2018) y Rajesh et ál., (2016) se seleccionaron tres puntos al azar, cada punto a una distancia de tres metros. La muestra de tierra total de aproximadamente medio kilo fue obtenida de la zona intermedia y rizo, las muestras se guardaron en bolsas ziploc de 25cm*20cm esterilizadas y estas se colocaron en un cooler con temperatura previamente acondicionada con gel packs para mantenerlas a 4°C, finalmente fueron transportadas al laboratorio para los análisis correspondientes.

Figura 13.

Ubicación de la granja de pollos



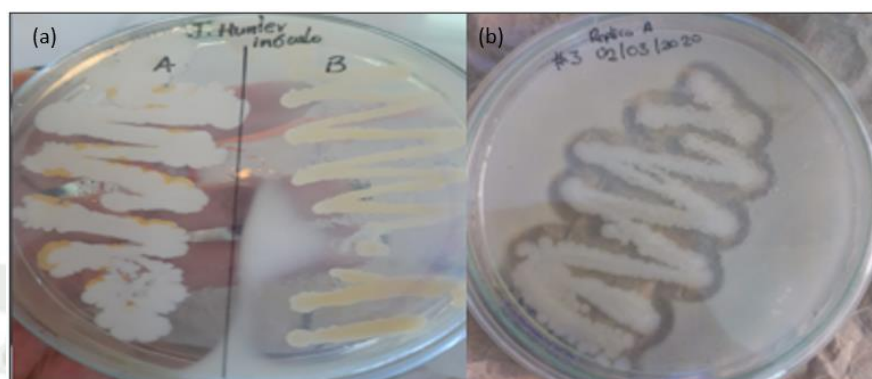
- b. **Obtención y acondicionamiento de plumas de pollo:** Las plumas fueron obtenidas de un centro de faenamiento avícola, estas se guardaron en bolsas ziploc esterilizadas para su transporte al laboratorio. Según los protocolos de Rajesh et ál. (2016) y Suntornsuk & Suntornsuk (2003) las plumas se lavaron tres veces, luego fueron esterilizadas en autoclave por 15 minutos a 121 °C y 15 psi, posterior a ello se inició el desecado en una estufa a 60 °C, finalmente se preservaron a 4 °C.

3.4.2.2. Aislamiento de bacterias queratinolíticas

- a. **Preparación de placas y medios:** Se prepararon 21 placas de agar de leche desnatada según el protocolo de Malajovich (2017), para ello en un beaker con 50 ml de agua destilada se disolvieron 10 gramos de leche descremada, en otro beaker con 450 ml de agua destilada se disolvieron 6.5 gramos de agar agar, este último se calentó hasta disolver por completo el agar agar. Los beakers preparados fueron esterilizados en autoclave por 15 minutos a 121 °C y 15 psi. Una vez esterilizado se dejaron enfriar en la cámara de flujo laminar, se mezcló el contenido de ambos beakers (leche y agar agar) y se realizó el plaqueo en placas petri previamente esterilizadas. Finalmente, las placas se cubrieron de la luz solar por aproximadamente una hora hasta su solidificación.
- b. **Diluciones seriadas:** Tomando como referencia a Nagarajan et ál. (2018) las tres muestras de suelo obtenidas previamente se homogeneizaron y se extrajo 1 gramo de esta, el cual fue diluido en 100 ml de agua destilada. Para reducir la cantidad de microorganismos presentes en el suelo y obtener menor cantidad de colonias, se realizó una dilución seriada de 10^{-7} , este procedimiento se realizó por triplicado. Seguidamente se obtuvieron alícuotas que se sembraron en agar de leche descremada empleando la técnica de estriado, las placas fueron incubadas por 48 horas a 37°C. La Figura 14 muestra que después de 48 horas de obtuvo un total de dos cepas en con colonias de color crema. Se seleccionó la que tenía mayor tamaño de halo translúcido alrededor de la colonia, ya que este indicaba la ausencia de la caseína lo que demostró su hidrólisis, esta fue la muestra “A” que presentó 3 mm de halo.

Figura 14.

Crecimiento de cepas con actividad queratinolítica en agar de leche desnatada, con dilución 10^{-2}



Nota. (a) Primer crecimiento de bacteria (b) Subcultivo de bacteria.

3.4.2.3. Determinación de la actividad queratinolítica

- a. **Determinación primaria de queratinasa:** Según los métodos de Nagarajan et ál. (2018) y López (2020), en un matraz se preparó un medio de plumas líquido, para ello se disolvieron 0.075 gramos de NaCl (Cloruro de sodio), 0.11 gramos de KH_2PO_4 (Fosfato monopotásico), 0.21 gramos de K_2HPO_4 (Fosfato dipotásico), 0.10 gramos de MgSO_4 (Sulfato dipotásico) en 150 ml de agua destilada, las plumas de pollo secas se cortaron en forma cuadrangular de 1 cm^2 aproximadamente y se añadieron 3.1 gramos de estas al matraz, posteriormente el matraz fue esterilizado en autoclave por 15 minutos a $121 \text{ }^\circ\text{C}$ y 15 psi. Luego con ayuda del asa de kolle se inoculó la cepa aislada, formando la solución madre. Finalmente se incubó el matraz a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ y 110 rpm por 48 h, con el fin de determinar la actividad queratinolítica a través de la turbidez del medio. Como se presenta en la Figura 15 a las 48 horas turbidez en el medio de plumas incubadas permitió apreciar la actividad de degradación de las plumas por la cepa “A”.

Figura 15.

Degradación de la pluma por la cepa queratinolítica aislada a las 48 horas.



Nota. (a) Degradación a la hora 0. (b) Degradación a la hora 48.

- b. **Determinación secundaria de queratinasa:** La determinación de la actividad de queratinasa se realizó en función al método modificado de Lin et ál. (1992). Se preparó un tratamiento con 3 repeticiones y su respectivo blanco. Para el tratamiento se añadió 0.01 gramos de polvo de plumas de pollo y 1.6 ml de tampón fosfato (pH 7.01) en tubos Falcon de 15 ml de aforo, estos tubos se centrifugaron durante 1 hora a 900 rpm. Luego se añadieron 0.4 ml de la solución madre y para su incubación se trasladó a un shaker con agitación durante 10 minutos a 100 rpm controlando una temperatura de 50 °C. Tras este periodo, se adicionó 1 ml de ácido tricloroacético (TCA) al 10% para detener la reacción enzimática (Figura 16). Esta solución fue filtrada para ser leída en el espectrofotómetro a 280 nm (ver Figura 17). El blanco del tratamiento consistió en adicionar el ácido tricloroacético antes del periodo de incubación como podemos ver en la Figura 6. De acuerdo con López (2020) se aplicó la siguiente fórmula para determinar las unidades de actividad queratinasa:

Fórmula 2:

Unidad de actividad queratinasa

$$U = \frac{3 \times n \times A_{280}}{0.01 \times 10}$$

Nota. López (2020)

Donde “n” es la ratio de dilución la cual fue 1 debido a que no se hicieron diluciones, 3 es el volumen final de la reacción en ml, 10 es el tiempo de reacción y A280 es la absorbancia medida a 280 nm.

Figura 16.

Detalle del tratamiento para la determinación secundaria de queratinasa.

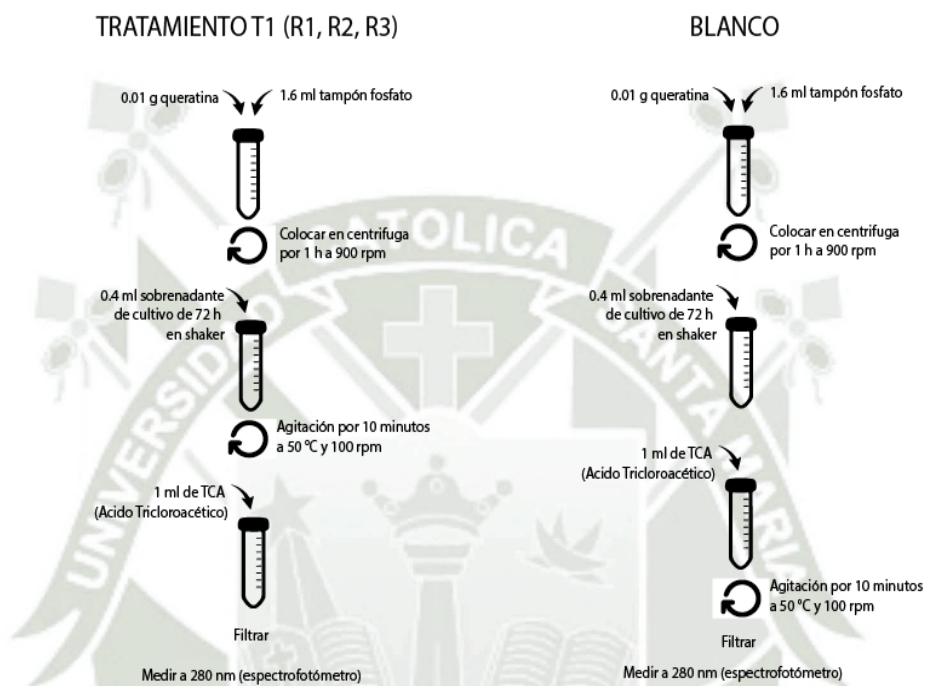


Figura 17.

Lectura de absorbancias en espectrofotómetro.



3.4.2.4. Identificación de cepa bacteriana

- a. **Tinción Gram:** De acuerdo con Rodríguez & Arenas (2018) se realizó un frotis de manera regular, luego el frotis se fijó acercándolo al fuego, después se cubrió con cristal violeta por 1 minuto y se limpió con agua potable, posteriormente se tapó con

yodopovidona (lugol) por 1 minuto y se limpió con agua potable, seguidamente se echó alcohol-acetona para la decoloración y se limpió con agua potable, luego se cubrió con safranina por 30 segundos y se limpió con agua potable. Finalmente, se secó y se examinó al microscopio como se muestra en la Figura 18.

Figura 18.

Fotomicrografía de bacterias Bacilos Gram positivos 100x.



- b. Prueba de Catalasa:** Para detectar la enzima oxidasa, en un portaobjetos se depositó una colonia de la cepa aislada, luego se añadió una gota de H_2O_2 al 3% como se muestra en la Figura 19 y después de 20 segundos se procedió a la interpretación visual (Fernández et ál., 2010).

Figura 19.

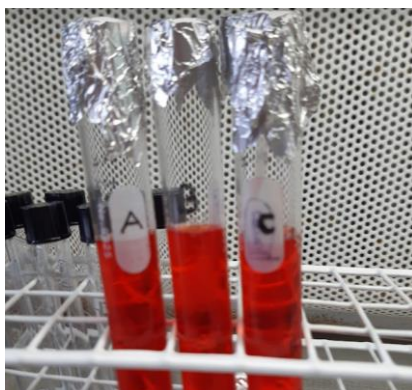
Prueba catalasa.



- c. Prueba de licuefacción de gelatina:** En 10 ml de agua destilada hervida se disolvió 1 gramo de gelatina, esta mezcla se esterilizó a $121^{\circ}C$ y 15 psi por 15 minutos, en adelante la mezcla se distribuyó en 3 tubos de ensayo y se refrigeraron por 24 horas hasta su gelificación. Luego de las 24 horas se realizó la siembra de las bacterias aisladas en cada tubo de ensayo con un asa de kolle en la cámara de flujo laminar. Finalmente, los 3 tubos de ensayo fueron sometidos a un baño de hielo por 1 hora, como se muestra en la Figura 20, posterior a ello se realizó la interpretación visual (Fernández et ál., 2010).

Figura 20.

Prueba de hidrólisis de gelatina.



- d. Prueba de almidón:** Para esta prueba se diluyeron 1.55 gramos de agar nutritivo en 25 ml de agua destilada. Además, se diluyeron 0.13 gramos de almidón al 1 % en 12 ml de agua destilada. Se mezclaron ambas soluciones y se calentaron para que el agar se diluyera. Se realizó el plaqueo en la cámara de flujo laminar, la solución no se esterilizó para evitar la hidrólisis del almidón. La cepa aislada se sembró en las placas con la técnica del estriado y fue incubada a 37 °C por 24 horas. Para su interpretación visual se agregaron 3 gotas de lugol (solución iodada) como se muestra en la Figura 21 (Faddin, 2003).

Figura 21.

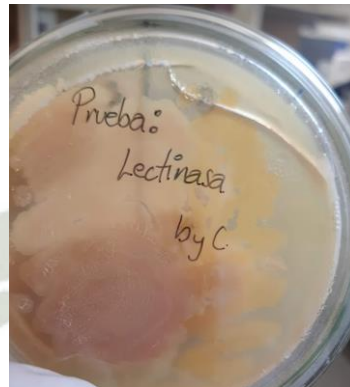
Prueba de almidón.



- e. Prueba de lecitinasa:** En un beaker con 50 ml de agua destilada se diluyeron 3.25 gramos de agar nutritivo, 0.1 gramos de glucosa, 0.25 gramos de Na_2HPO_4 , 0.1 gramos de NaCl , 0.01 ml de SO_4Mg (se diluyeron 0.1 gramos de SO_4Mg en 40 ml de agua destilada y se extrajo una alícuota de 0.01 ml), todo ello se esterilizó en autoclave a 121°C y 15 psi por 15 minutos. Por otro lado, en un beaker se mezclaron 18 ml de yema de huevo (previamente desinfectado con alcohol iodado) y 18 ml de agua destilada, se

añadieron 3.6 ml de la última solución a la primera y se realizó el plaqueo, posterior la cepa aislada se sembró mediante la técnica de estriado, las placas fueron incubadas a 37 °C por 24 h para su posterior interpretación como se muestra en la Figura 22 (López & Samaniego, 2016).

Figura 22.
Prueba de lecitinasa.



3.4.2.5. Curva de crecimiento bacteriano

Las curvas de crecimiento se determinaron por el método de conteo de cámara de Neubauer:

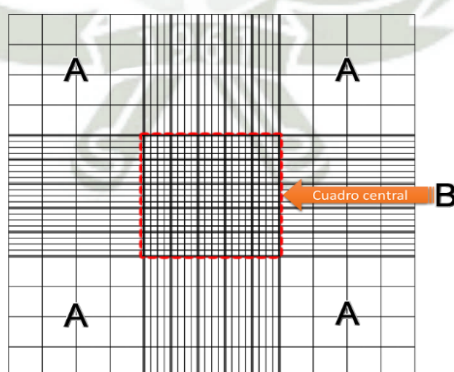
- a. Preparación de solución madre:** Según los métodos de Nagarajan et ál. (2018) y López (2020), en un matraz se preparó un medio de plumas líquido, para ello se disolvieron 0.075 gramos de NaCl, 0.11 gramos de KH₂PO₄, 0.21 gramos de K₂HPO₄, 0.10 gramos de MgSO₄ en 150 ml de agua destilada, las plumas de pollo secas se cortaron en forma cuadrangular de 1 cm² aproximadamente y se añadieron 3.1 gramos de estas al matraz, posteriormente el matraz fue esterilizado en autoclave por 15 minutos a 121 °C y 15 psi (Figura 23). Luego con ayuda del asa de kolle se inoculó la cepa aislada en las tres repeticiones del tratamiento y el respectivo control. Finalmente se incubaron a 37 °C y 110 rpm por 48 h.

Figura 23.
Solución madre.



- b. Determinación del número de células en cámara de Neubauer:** De acuerdo con Mikros, (2021) se colectaron alícuotas cada hora durante 48 horas. Cada alícuota contenía de 10 uL para lo cual se utilizó una micropipeta. La alícuota tomada fue depositada en la superficie pulida de la cámara Neubauer cerca del extremo del cubre objeto. La cámara se colocó en la platina del microscopio y la cuadrícula se enfocó usando el objetivo de aumento más bajo (4X). Posteriormente, se realizó el conteo a 40X en el cuadrado central tomando en cuenta sólo cinco cuadrados como observamos en la Figura 24.

Figura 24.
Cámara de Neubauer.



Nota. Adaptado de Mikros (2021)

- c. Determinación de la curva de crecimiento:** Para calcular la cantidad de células por mililitro en la cámara se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 3:

Número de células por mililitro

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{ml}} = \text{promedio 5 cuadrantes} \times 25 \times 10 \times 1000$$

Nota. Adaptado de Mikros (2021)

3.4.3. Etapa 3. Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto**3.4.3.1. Selección, obtención y evaluación del material de partida**

- a. **Selección:** El material de partida principal fueron las plumas de pollo, según Moreno & Moral (2008) el intervalo óptimo de la relación C/N para un correcto compostaje es de 25 a 35, es por ello que para alcanzar este valor óptimo se consideró añadir restos de estiércol de bovino y residuos de poda, ya que estos residuos se encontraban disponibles en el vivero de la Municipalidad del Distrito Cerro Colorado (Figura 25).

Figura 25.

Ubicación del vivero municipal de Cerro Colorado.



- b. **Obtención:** Las plumas de pollo se obtuvieron de un centro de faenamiento avícola en vías de formalización ubicado en el distrito de Mariano Melgar, los residuos de poda y el estiércol de bovino se obtuvieron del vivero municipal del distrito de Cerro Colorado.

- c. **Evaluación:** Los residuos de poda, estiércol de bovino y plumas de pollo se enviaron al “Laboratorio de análisis I+D - análisis biológicos, veterinarios y agrícolas” donde se calculó la relación C/N y el porcentaje de humedad de los residuos a compostar.

3.4.3.2. Selección de técnica de compostaje

La comparación de técnicas de compostaje se realizó en función a los criterios señalados por Román et ál. (2013), Moreno & Moral (2008) y Roben (2002), los cuales fueron: el tiempo del proceso de compostaje, espacio requerido, tipo y volumen de residuos, impacto ambiental, costos de inversión y gestión, y condiciones climáticas. Una vez establecidos los criterios, se procedió a la asignación de factores de ponderación de cumplimiento los cuales fueron 1: No cumple, 3: Indeterminado y 5: Si cumple, finalmente se obtuvo la valoración respectiva. Después de seleccionar el sistema óptimo, se realizaron tablas con la descripción de impactos ambientales en los componentes suelo, agua y aire; también se realizaron medidas para mitigar los impactos negativos.

En la Tabla 18 se muestra la valoración para la elección del sistema de compostaje.

Tabla 18.
Criterios de elección para el sistema de compostaje.

Criterios	Tiempo de proceso			Espacio requerido			Tipo y volumen de residuo			Impacto ambiental			Costos de inversión y gestión			Complejidad de manejo y mantenimiento			Valor
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	
Sistema cerrado			X		X	X				X			X				X		18
Sistema abierto	X			X			X	X		X					X		X		24

3.4.3.3. Impactos ambientales de la técnica seleccionada

En las tablas 19, 20 y 21 se muestra la identificación de los impactos ambientales positivos y negativos del sistema abierto, además las medidas de mitigación.

Tabla 19.

Descripción de impactos ambientales positivos.

Componentes	Descripción de impacto ambiental
Suelo	Mejora la capacidad de intercambio de cationes favoreciendo la disponibilidad de compuestos como aluminio, nitrógeno amoniacal, calcio, magnesio, sodio y potasio, disminuye el uso de fertilizantes, reduce problemas de compactación y susceptibilidad de erosión, mejora la porosidad edáfica aumentando la capacidad de retención de agua y la permeabilidad del suelo. Mejora la temperatura edáfica, mejora las propiedades del suelo y proporciona carbono para conservar la biodiversidad.
Agua	Favorece la retención de humedad impidiendo percolación de agua y nutrientes, además contribuye a la reducción de desechos en el componente agua.
Aire	Disminución de quema de desechos orgánicos que generan emisiones atmosféricas.

Nota. Adaptado de acuerdo a Bautista (2005) y Roben (2002)

Tabla 20.

Descripción de impactos ambientales negativos.

Componentes	Descripción de impacto ambiental
Suelo	Los lixiviados ricos en sales utilizados en riego pueden causar una pérdida de estructura del suelo, disminuir su porosidad, impidiendo la aireación y el flujo del agua. La aplicación de compost inmaduro e inestable puede afectar la fijación de nitrógeno en el suelo, evitando el desarrollo de las plantas, causando efectos fitotóxicos.
Agua	Adición de nitratos a las aguas superficiales y subterráneas que pueden generar eutrofización.
Aire	Generación de malos olores por una mala aireación y producción de dióxido de carbono y NH ₃ .

Nota. Adaptado de acuerdo a Bautista, (2005) y Roben (2002)

Tabla 21.
Medidas para mitigar los impactos negativos.

Componentes	Medidas
Suelo	Los lixiviados no fueron reusados para el riego y el suelo se impermeabilizó con plástico para evitar la infiltración de estos, para no afectar la inmovilización de nitrógeno se realizó una evaluación de fertilidad del compost.
Agua	El suelo se impermeabilizó con plástico para evitar la infiltración de lixiviados de nitratos a las aguas superficiales y subterráneas.
Aire	Se controlaron los parámetros de humedad y temperatura, además las pilas fueron cubiertas con capas gruesas de residuos de poda cumpliendo la función de filtro biológico.

Nota. Adaptado de acuerdo a Bautista, (2005) y Roben (2002).

3.4.3.4. Diseño de pila de compostaje

- a. **Cálculo de proporción de la materia:** Se obtuvo una muestra de cada material a compostar y estas se enviaron a analizar al Laboratorio de análisis I+D - análisis biológicos, veterinarios y agrícolas. La Tabla 22 muestra los valores de los parámetros del material de partida.

Tabla 22.
Valores de parámetros de material de partida.

Parámetro	Unidad	Material de partida		
		Resultado de Estiércol bovino	Resultado de Residuos de poda	Resultado de Plumaz de pollo
pH	-	9.01	8.24	5.94
Conductividad eléctrica	uS/m	9.63	5.37	2.71
Humedad	%	9.64	32.4	10.3
Nitrógeno	%	1.23	0.5	9.80
Materia orgánica	%	70.29	48.44	92.63
Carbono orgánico	%	45.77	50.10	53.73

Relación C/N	-	37.21	100.2	5.48
--------------	---	-------	-------	------

Nota. Adaptado en base a los resultados del Laboratorio de análisis I+D - análisis biológicos, veterinarios y agrícolas

El cálculo de la proporción se realizó utilizando la calculadora de relación carbono nitrógeno de la universidad de Cornell, recomendada por Román et ál., (2013), la cual nos permitió estimar la proporción adecuada para obtener un compost de buena calidad, a continuación, se muestra en la Tabla 23 el cálculo con 10% de plumas y en la Tabla 24 se muestra el cálculo con 5% de plumas.

Tabla 23.

Cálculo de la relación carbono nitrógeno de partida para los tratamientos T1 y T2 con 10% de plumas.

Ingrediente	% H ₂ O	Peso	% Carbono	% Nitrógeno	Relación C/N
Plumas de pollo	10.3	46.5	53.73	9.8	
Residuos de Poda	32.4	225	50.1	0.5	
Estiércol de bovino	9.64	180	45.77	1.23	
Resultado					25.26

Nota. Adaptado en base a la calculadora de relación C/N de la Universidad de Cornell señalada por Román et ál. (2013).

Tabla 24.

Cálculo de la relación carbono nitrógeno de partida para los tratamientos T3 y T4 con 5% de plumas.

Ingrediente	% H ₂ O	Peso	% Carbono	% Nitrógeno	Relación C/N
Plumas de pollo	10.3	23.25	53.73	9.8	
Residuos de Poda	32.4	225	50.1	0.5	
Estiércol de bovino	9.64	180	45.77	1.23	
Resultado					33.68

Nota. Adaptado en base a la calculadora de relación C/N de la Universidad de Cornell señalada por Román et ál., (2013).

- b. Estructura de las pilas:** De acuerdo a la investigación realizada por Florida (2019) y la metodología de compostaje utilizada en el vivero Municipal del distrito de Cerro Colorado, la distribución de los sustratos por capas tuvo el siguiente orden ascendente: residuos de poda, plumas de pollo, inóculo de bacterias queratinolíticas y estiércol de bovino en la parte superior.
- c. Dimensiones de las pilas:** Según lo recomendado por Mendoza (2012) y dependiendo del espacio disponible y para evitar condiciones anaerobias, se formaron pilas de 1,05 m de alto, 1,5 m de ancho y 2 m de largo.

3.4.3.5. Configuración experimental

De acuerdo con Nagarajan et ál. (2018) y Florida et ál. (2019) se usó un diseño de bloques completo al azar (DBCA), el cual constó de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, donde las variables fueron el porcentaje de plumas y la aplicación de bacterias queratinolíticas, como se presenta a continuación en la Tabla 25 y en la Figura 26 se muestra la distribución de cada unidad experimental.

Tabla 25.

Detalle de los insumos en cada tratamiento para pilas de 405 kg.

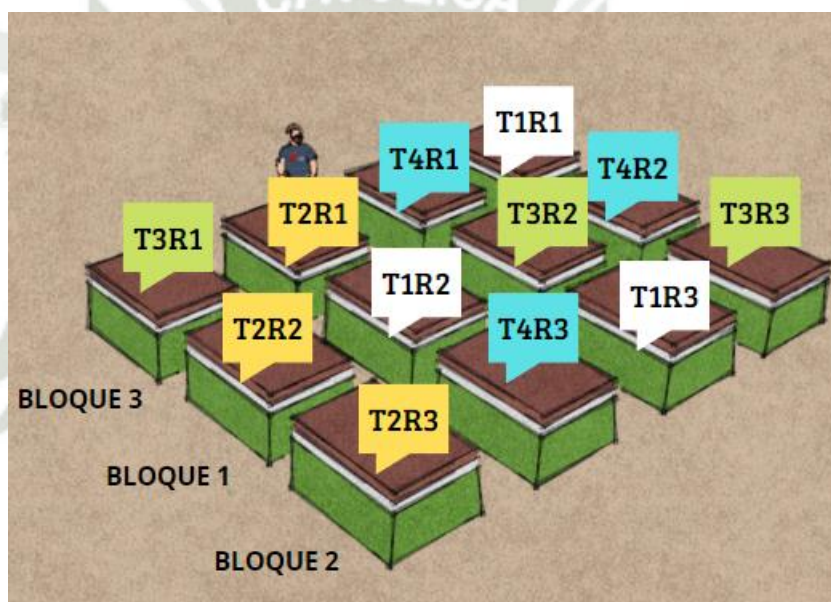
Tratamiento	Plumas de pollo (%) *	Estiércol de bovino (%)	Restos de poda fresca (%)	Plumas (Kg)	Estiércol de bovino (Kg)	Restos de poda fresca (Kg)	Microorganismos queratinolíticos (L)
T1R1	10	44.4	55.6	46.5	180	225	9
T1R2	10	44.4	55.6	46.5	180	225	9
T1R3	10	44.4	55.6	46.5	180	225	9
T2R1	10	44.4	55.6	46.5	180	225	---
T2R2	10	44.4	55.6	46.5	180	225	---
T2R3	10	44.4	55.6	46.5	180	225	---
T3R1	5	44.4	55.6	23.25	180	225	9

T3R2	5	44.4	55.6	23.25	180	225	9
T3R3	5	44.4	55.6	23.25	180	225	9
T4R1	5	44.4	55.6	23.25	180	225	---
T4R2	5	44.4	55.6	23.25	180	225	---
T4R3	5	44.4	55.6	23.25	180	225	---

*Se ha realizado en función al total de residuos de poda y estiércol

Figura 26.

Diseño de Bloques Completos al Azar - Arreglo factorial 2x2 con 12 unidades experimentales.



3.4.3.6.Preparación de inóculo de bacterias queratinolíticas

Según los métodos de Nagarajan et ál. (2018) y López (2020), en un matraz se preparó un medio de plumas líquido, para ello se disolvieron 0.075 gramos de NaCl, 0.11 gramos de KH₂PO₄, 0.21 gramos de K₂HPO₄, 0.10 gramos de MgSO₄ en 150 ml de agua destilada, las plumas de pollo secas se cortaron en forma cuadrangular de 1 cm² aproximadamente y se añadieron 3.1 gramos de estas al matraz, posteriormente el matraz fue esterilizado en autoclave por 15 minutos a 121 °C y 15 psi. Luego con ayuda del asa de kolle se inoculó la cepa aislada obteniendo de esta manera la solución madre. Para la propagación de bacterias se realizó una activación de manera casera, haciendo uso de la solución madre de bacterias queratinolíticas de acuerdo a lo planteado por Prado (2017).

La solución de activación se preparó en un cilindro de plástico de 60 litros de capacidad, la proporción fue la siguiente: 3% de solución madre (1.8 L), 5% de melaza (3 L), 91% de agua (libre de cloro y con una temperatura menor a 40°C) (54.6 L) y 1% de hígado y sal (0.6 L). Después se hermetizó el cilindro para que la solución pase por un proceso de fermentación durante un periodo de siete días a temperatura ambiente, lo cual permitió el descenso de pH hasta valores entre 3 y 4, además para confirmar la correcta fermentación se evaluó la presencia de aroma agrídulce y variación de color a café rojizo de acuerdo a los procesos experimentales de (Prado, 2017).

3.4.3.7. Instalación de pilas

- a. **Localización:** La georreferenciación de puntos del área se realizó con un GPS Garmin y la sistematización de la data se realizó a través de Google Earth Pro.
- b. **Acondicionamiento del terreno:** De acuerdo con Román et ál. (2013), haciendo uso de rastrillos se realizó la limpieza del terreno, después utilizando picos y palas se hizo la nivelación del suelo para conseguir una pendiente menor a 4% con el fin de evitar problemas por lixiviados y erosión, más adelante se delimitaron las áreas de las pilas de 1.5 X 2 m, generando una excavación en cada una de ellas, finalmente se colocó plástico de doble cara para evitar la infiltración de los lixiviados conforme al trabajo realizado por Moreno & Moral (2008).
- c. **Armado de las pilas:** Una vez acondicionado el terreno los insumos fueron pesados, seguidamente se utilizaron palas, rastrillos y carretillas de carga para distribuir los insumos en capas con las cantidades y el orden indicado. Finalmente se colocaron tubos PVC de 10 cm de diámetro con orificios para asegurar el proceso de aireación, luego se humedeció con agua cada una de las pilas. Las pilas instaladas se muestran en la Figura 27.

Figura 27.

Pilas instaladas en el vivero municipal del distrito Cerro Colorado.



3.4.3.8. Monitoreo y control del proceso

Para los parámetros de temperatura, las unidades experimentales se monitorearon utilizando un termómetro de suelo orgánico, el monitoreo consistió en medir la temperatura en tres puntos a 30 cm de profundidad en la pila, posteriormente estos valores de promediaron como señala Sánchez et ál. (2012). Para el monitoreo de humedad y conductividad eléctrica se recolectó una muestra de 200 gramos por unidad experimental y se colocaron en bolsas Ziploc de 30 x 41 cm, estas fueron enviadas al “Laboratorio de análisis I+D - análisis biológicos, veterinarios y agrícolas”. Después de cinco días se obtuvieron los resultados de laboratorio. Para monitorear el pH se enviaron muestras de 200 gramos al laboratorio y además se realizaron dos mediciones con ayuda de una tira de prueba de pH, para lo cual se sumergieron 20 g de tierra en 50 ml de agua destilada, en adelante se sumergió la tira de pH en el líquido, se esperaron unos 10 segundos y se realizó la lectura.

Para el monitoreo de las condiciones climatológicas del lugar se solicitó información sobre la estación meteorológica la Pampilla al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Se solicitaron datos correspondientes a el porcentaje de humedad relativa, temperatura ambiente, radiación solar, dirección del viento y precipitación diaria durante el transcurso del compostaje, las fechas solicitadas corresponden del 28 de mayo al 13 de setiembre del 2021, fechas en las que se desarrolló el proceso de compostaje, debido a la coyuntura social por motivos de la COVID-19.

De acuerdo con Márquez et ál. (s.f.) la Tabla 26 muestra la frecuencia para monitorear parámetros durante el proceso de compostaje.

Tabla 26.

Frecuencia de monitoreo durante el proceso de compostaje.

Parámetros	Diario	Semanal	2 veces durante todo el proceso	4 veces durante todo el proceso
De seguimiento	Temperatura (°C)	x		
	Humedad (%)		x	
	pH			x
Relativos a la naturaleza del sustrato	Conductividad Eléctrica (dS/m)		x	
	Temperatura ambiente	x		
Climatológicos	Porcentaje de humedad relativa	x		
	Radiación solar	x		
	Dirección del viento	x		
	Precipitación	x		

Nota. Adaptado de Márquez et ál. (s.f.)

A lo largo del proceso de compostaje, el riego y volteo se realizaron de acuerdo a la frecuencia indicada por Márquez et ál., (s.f.), que se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27.

Frecuencia de regado y volteo.

Actividad	Diario	Inter diario	Quincenal	Mensual
Regado	x	x		
Volteo				x

Nota. Adaptado de Márquez et ál. (s.f.)

3.4.3.9.Cosecha del compost

La madurez del compost se evidenció en primera instancia por la textura y olor, luego de 109 días se realizó un último volteo y luego haciendo uso de una zaranda con orificios de 10 mm se tamizó el compost de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, estas fueron

almacenadas en costales y se pesaron. Finalmente se recolectó una muestra de 1 kg por cada unidad experimental en bolsas Ziploc de 30 x 41 cm y estas fueron enviadas al “Laboratorio de análisis I+D - análisis biológicos, veterinarios y agrícolas” para un análisis de bioabonos. Después de 7 días, se recogieron los resultados de las pruebas y se calculó la cantidad de compost obtenido.

La Figura 28 muestra un diagrama del balance de masa durante el proceso de compostaje.

Figura 28.

Entradas y salidas en el proceso de compostaje



3.4.3.10. Análisis estadístico

Los resultados se mostraron en términos numéricos y estadísticos, identificando diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; así como en los factores principales en estudio. Nuestro diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 2. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba de Tukey. El ANOVA desarrollado utilizó la prueba de F para la determinación de diferencias estadísticas entre tratamientos. La información se procesó utilizando bases de datos y macros basados en la plataforma Excel.

3.4.3.11 Estimación de la calidad del compost optimizado en función a la Norma Técnica Peruana NTP 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos”

Los parámetros principales medidos para determinar la calidad del compost fueron seleccionados acorde a la NTP 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos”, que se detallan en la Tabla 28:

Tabla 28.

Parámetros principales para estimar la calidad del compost optimizado.

Parámetros	Unidad
Materia Orgánica	%
Relación C/N	-
Nitrógeno	%
Fósforo	%
Potasio	%
Conductividad Eléctrica	dS/m
pH	-
Humedad	%
Coliformes Fecales	NMP/g

Nota. Adaptado de INACAL (2020)

Los valores de compost resultantes se compararon luego con los valores de la norma técnica peruana “NTP 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos” para evaluar la calidad. Además, se realizó una evaluación del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 30 a partir del tratamiento de residuos orgánicos (plumas) producidos en centros de faenamiento avícola a partir de compostaje optimizado con bacterias queratinolíticas. Se realizó un análisis cualitativo según León et ál. (2019).



CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico situacional acerca de la producción y manejo de plumas en un centro de faenamiento avícola

4.1.1. Producción y manejo de plumas de pollo en el centro de faenamiento avícola

Tabla 29.

Cantidad de pollos faenados en 8 días.

Día	Lunes día 0	Martes día 1	Miércoles día 2	Jueves día 3	Viernes día 4	Sábado día 5	Domingo día 6	Lunes día 7
Pollos faenados (unid)	812	812	812	854	1002	1232	1232	812

Tabla 30.

Peso de plumas húmedas, vísceras y sangre de pollo generadas en 8 días.

Tipo de Residuo	Generación de residuos (kg)							
	Lunes día 0	Martes día 1	Miércoles día 2	Jueves día 3	Viernes día 4	Sábado día 5	Domingo día 6	Lunes día 7
Plumas de pollo	215.7	202.35	224.5	242.2	316.25	340.2	309.23	210.1
Vísceras	190.4	195.85	206.4	222.95	252.8	293.6	245.1	198.8
Sangre	160.9	176.7	182.4	199.05	282.35	274.5	274.5	156.0

Tabla 31.

Promedio del porcentaje de plumas de pollo secas.

X	Pollo N° 1	Pollo N° 2	Pollo N° 3	Promedio porcentaje de plumas secas de pollo (%)
Porcentaje plumas de pollo (%)	5.79	6.07	5.73	5.86

Tabla 32.

Peso de plumas de pollo secas generadas en 8 días.

Tipo de Residuo	Generación de plumas (kg)							
	Lunes día 0	Martes día 1	Miércoles día 2	Jueves día 3	Viernes día 4	Sábado día 5	Domingo día 6	Lunes día 7
Plumas de pollo	128.3	128.3	128.3	134.9	158.3	194.7	194.7	128.3

De acuerdo con el primer objetivo específico, realizar un diagnóstico situacional de la producción y manejo de las plumas en un centro de faenamiento avícola, los resultados de las conversaciones y visitas al centro de faenamiento avícola (Ver Figura 8) permitieron determinar que las plumas son generadas en la etapa de “Desplume”, la que concuerda con Álvarez (2022) quien así lo manifiesta en su tesis titulada “El procesamiento y los beneficios del manejo de residuos orgánicos en la distribuidora avícola Onasa, Lima 2021”. Asimismo, se logró identificar los aspectos ambientales significativos tal como se muestra en la Tabla 33. La Tabla 30 muestra que la producción de pollos es mayor los viernes, sábado y domingo (fin de semana). La Tabla 31 muestra que el porcentaje promedio de plumas secas por pollo es de 5.86%. El valor obtenido es similar a los datos Macanás et ál (2012) y Tamreihao et al (2019) quienes concluyen en sus investigaciones que las plumas de pollo constituyen del 5 al 7% del peso total.

Los residuos generados en el centro de faenamiento no son segregados por falta de contenedores adecuados y además se almacenan en la zona de tránsito de personal, lo que supone un riesgo para los trabajadores. La empresa no cuenta con un plan de gestión de residuos, por lo tanto, no asegura el aprovechamiento y disposición final adecuada de los residuos, tampoco existe una estrategia de aprovechamiento y carecen de registros internos de generación, incumpliendo con la declaración anual de residuos; la empresa transfiere los residuos a un tercero sin reconocer su vigencia y alcance. A través del monitoreo realizado, se pudo identificar el inadecuado transporte y disposición de las plumas lo que genera un foco de contaminación. Todo lo anterior demuestra que el centro de faenamiento no cumple con la normativa peruana y esto, sumado a la falta de control del sector avícola, afecta negativamente al ambiente y la salud, pues según ECOBUSINESSFUNG (2021) el nivel de riesgo ambiental relacionado a desechos sólidos representa el 50%, promedio superior en comparación con otros

como son: productos químicos (5%), consumo de agua (20%), vertidos superficiales y subterráneos (20%), consumo de energía (35%). Pantoja (2020), señala que las plumas de una empresa avícola ecuatoriana representan el 39% de los residuos sin tratar, lo que implica una preocupación constante por el cuidado y preservación del ambiente, por otra parte, Fernández & Betancourt (2018) en su investigación “Destino sostenible de los residuos generados en las plantas de beneficio avícola”, muestran que los centros de faenamiento avícola no tratan adecuadamente los residuos derivados del faenamiento y que la mayoría de las veces la sangre se vierte en fuentes de agua, las plumas se convierten en basura y su descomposición provoca molestias a las personas del área de influencia. Por eso es importante resaltar la visión del gerente, quién dijo que, dado que la empresa tiene pocos años en el mercado, su principal objetivo es lograr una mayor estabilidad en el rubro otros 5 años, en adelante estaría gustoso con nuevas oportunidades de negocio relacionadas con los residuos que generan, por otro lado, el acopiador de las plumas mencionó que si se encuentra interesado en probar nuevas alternativas, como el compostaje, que le permitiría obtener mejor provecho económico de este residuo. Por todo ello es conveniente aprovechar estos residuos e incorporarlos a una cadena agroindustrial que traiga beneficios económicos, sociales y ambientales. También es importante que las autoridades competentes fortalezcan la supervisión de la gestión de los residuos avícolas y puedan recomendar alternativas para su aprovechamiento.

Tabla 33.

Lista de aspectos ambientales identificadas en el centro de faenamiento avícola.

N°	Proceso	Aspecto ambiental
1	Recepción de jabas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2. Generación de material particulado 3. Generación de ruido 4. Generación de residuos sólidos
2	Aturdido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de ruido 2. Generación de residuos sólidos 3. Consumo de energía
3	Sacrificio y desangrado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de residuos sólidos 2. Consumo / agotamiento de agua 3. Descarga / contaminación de aguas superficiales y subterráneas

		4. Generación de ruido
		5. Consumo de energía
4	Escaldado	1. Consumo de energía 2. Consumo / agotamiento de agua 3. Descarga / contaminación de aguas superficiales y subterráneas 4. Generación de olores 5. Consumo de energía 6. Uso de combustibles fósiles
5	Desplumado	1. Generación de residuos sólidos 2. Generación de olores 3. Consumo de energía
6	Eviscerado	1. Descarga / contaminación de aguas superficiales y subterráneas 2. Consumo / agotamiento de agua 3. Generación de residuos sólidos 4. Generación de olores 5. Consumo de energía
7	Lavado	1. Descarga / contaminación de aguas superficiales y subterráneas 2. Consumo / agotamiento de agua 3. Consumo de energía 4. Generación de desechos peligrosos y/o especiales 5. Uso de productos químicos
8	Almacenamiento	1. Consumo de energía 2. Uso de productos químicos

4.2. Obtención de bacterias queratinolíticas con potencial de degradación de plumas de pollo

4.2.1. Actividad queratinolítica

El ensayo de queratinasa presentó un valor promedio de 2.28 de absorbancia en el espectrofotómetro a 280 nm para el tratamiento 1 y 0.083 para el blanco como se muestra en la Tabla 34. Para el tratamiento 1 la producción de la enzima queratinasa a los 10 minutos tuvo

un valor promedio de 68.45 unidades de queratinasas libres/ml, mientras que para el blanco fue de 2.158 unidades de queratinasas libres/ml como podemos ver en la Tabla 35. Resultados que muestran la actividad queratinolítica de cepas que aprovechan plumas de pollo como proveedores de nitrógeno y carbono. Según la literatura Nagarajan et ál (2018) determinó la actividad queratinolítica de 14 cepas, de las cuales solo 5 producían queratinasa.

Tabla 34.

Absorbancias obtenidas del ensayo de la queratinasa en el espectrofotómetro UV visible.

	Blanco	T ₁ R ₁	T ₁ R ₂	T ₁ R ₃	Promedio T ₁
280 nm	0.083	2.251	2.409	2.185	2.28

Tabla 35.

Actividad de la enzima queratinasa (U/ml).

	Blanco	T ₁ R ₁	T ₁ R ₂	T ₁ R ₃	Promedio T ₁
280 nm	2.158	67.53	72.27	65.55	68.45

4.2.2. Identificación de la cepa bacteriana aislada

Las colonias presentaron color crema, consistencia cremosa, forma irregular, bordes ondulados y según su elevación eran planas. Las observaciones realizadas en el medio de leche descremada mostraron halos traslúcidos con una longitud mayor a 1 mm alrededor de las cepas y según Rodas et ál. (2015) esto demuestra la existencia de hidrólisis proteolítica queratinolítica.

Según la tinción Gram el aislado bacteriano nos mostró las siguientes características micro morfológicas, bacilos Gram positivos de forma cilíndrica con bordes redondeados, con esporas esféricas y centrales que no deforman el bacilo como se observa en la Figura 16.

La cepa aislada es Gram positiva, además para las pruebas bioquímicas de catalasa, licuefacción de gelatina, almidón y lecitinasa también resultaron positivas como se aprecia en la Tabla 36.

Tabla 36.

Características microbiológicas y bioquímicas de la cepa bacteriana queratinolítica.

Prueba	Cepa bacteriana (Placa A)
Tinción GRAM	+
Catalasa	+
Licuefacción de gelatina	+
Almidón	+
Lecitinasa	+

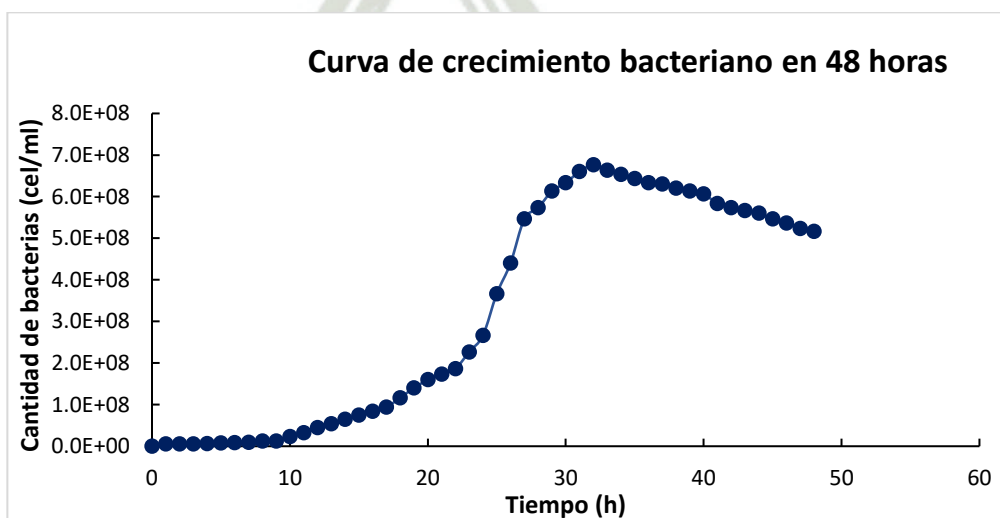
Para la identificación, la prueba microbiológica por tinción gram demostró que la cepa corresponde a un bacilo gram positivo, Obando & Suárez (2015) señalan que esta característica es esencial en los *Bacillus Spp*. Por otro lado, las pruebas bioquímicas de catalasa, licuefacción de gelatina, lecitinasa y almidón también presentaron resultados positivos y de acuerdo con Nagarajan et ál. (2018) estos resultados corresponden al género *Bacillus*. Según Rodas et ál. (2015), los *Bacillus* viven en el suelo alimentándose de materia inorgánica y materia orgánica en descomposición; es preciso señalar que en este trabajo el aislamiento de los microorganismos fue a partir de suelos de un corral de gallinas, lo cual nos confirma la identificación de la bacteria queratinolítica como *Bacillus Spp*.

4.2.3. Crecimiento bacteriano de la cepa bacteriana aislada

La Figura 29 muestra el crecimiento de la cepa aislada.

Figura 29.

Curva de crecimiento bacteriano en 48 horas.



La fase de adaptación tuvo una duración aproximada de 3 horas, durante este tiempo la cepa no excedió una concentración de $5,9 \times 10^6$ células/ml y transcurrido este tiempo inició una fase exponencial con 29 h de duración, a las 32 h, el medio alcanzó una concentración máxima de $6,8 \times 10^8$, en adelante la fase de latencia alcanzó hasta las 40 horas con $6,1 \times 10^8$ células/ml de concentración de microorganismos, comenzando la muerte a las 41 horas alcanzando una concentración de $5,2 \times 10^6$ a las 48h.

Gauvry et ál. (2020) demostraron que *Bacillus subtilis* puede crecer en condiciones de temperatura de $5,5^\circ\text{C}$ y $55,7^\circ\text{C}$ y pH 4,8 y pH 9,2. Ju et ál. (2019) expone que la fase de crecimiento exponencial de *Bacillus subtilis* comienza después de 3 h, la cual coincide con nuestro primer resultado, sin embargo, Ju et ál. (2019) señala que su fase exponencial tiene una duración de solo 12 h.

4.3. Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto

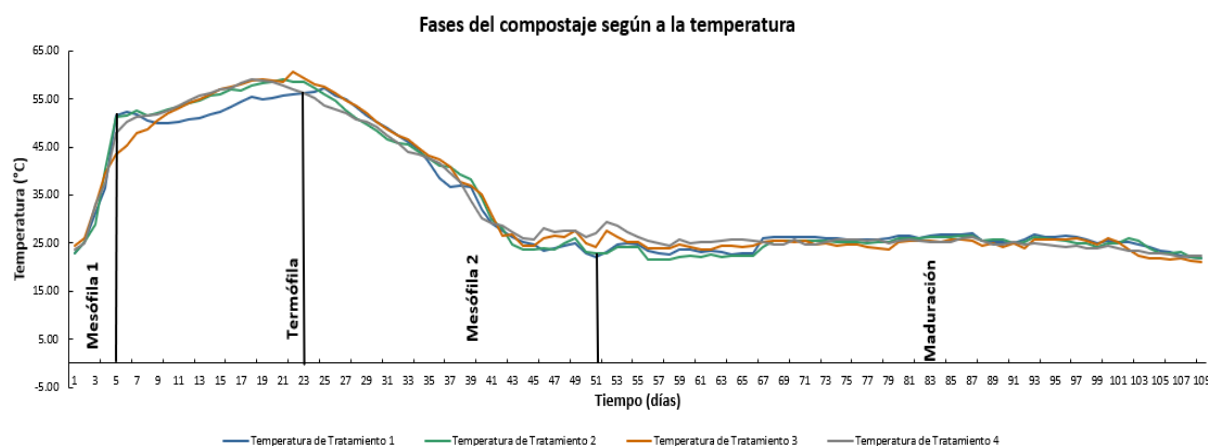
4.3.1. Comportamiento de parámetros de seguimiento

4.3.1.1. Temperatura

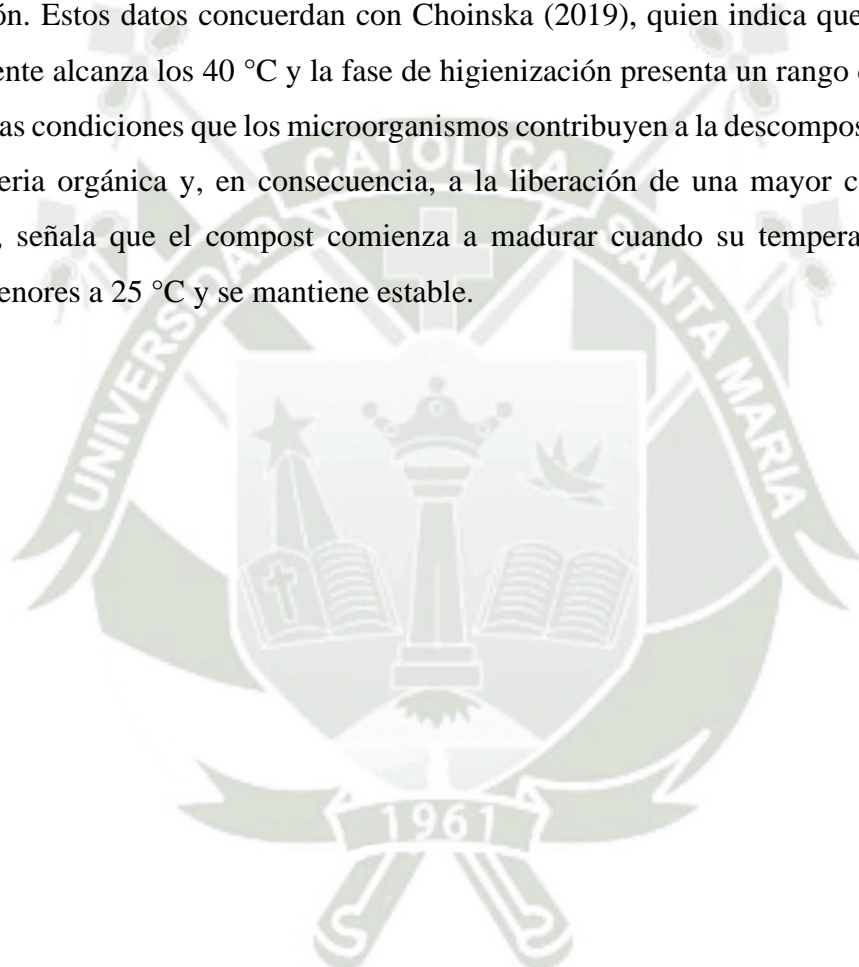
La medición de este parámetro se realizó de manera diaria durante 109 días. En la Figura 30 podemos ver las fases del proceso de compostaje, en función al perfil de las temperaturas monitoreadas en los cuatro tratamientos durante todo el proceso. La temperatura es un factor muy relevante ya que con sus valores se distinguen las fases del compostaje en nuestras pilas.

Figura 30.

Fases del compostaje en los 4 tratamientos en estudio.



Las temperaturas máximas registradas para los cuatro tratamientos fueron 60.57, 57.35, 59.14, y 59.08 °C respectivamente. La fase mesófila 1 tuvo una duración de 5 días y alcanzó a los 48.55° C de temperatura, la fase termófila duró 18 días (entre los días 6 y 23), alcanzando una temperatura de 57.58 °C, valores relacionados con la actividad de la población microbiana, a continuación, a partir del día 24 las temperaturas decrecieron por debajo de los 45°C, cambiando a la fase mesófila 2 o fase de enfriamiento (durante los días 24 hasta 51), el día 52 se apreció una estabilidad entre 20 a 25 °C aproximadamente, valores propios de la fase de maduración. Estos datos concuerdan con Choinska (2019), quien indica que la fase mesófila generalmente alcanza los 40 °C y la fase de higienización presenta un rango de 45 °C y 70 °C y es en estas condiciones que los microorganismos contribuyen a la descomposición exotérmica de la materia orgánica y, en consecuencia, a la liberación de una mayor cantidad de calor, asimismo, señala que el compost comienza a madurar cuando su temperatura desciende a valores menores a 25 °C y se mantiene estable.



4.3.1.2. Comportamiento de pH

Figura 32.

Evolución de temperatura y pH en T1.

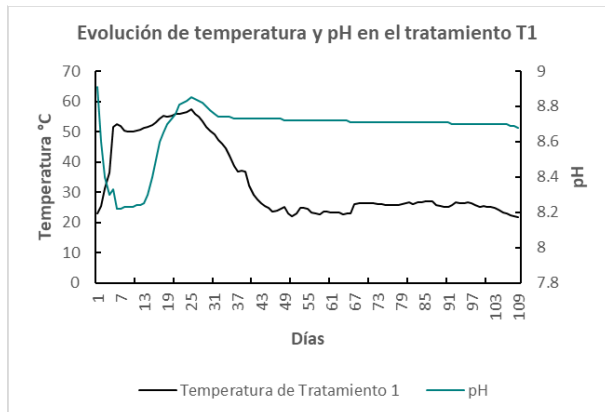


Figura 34.

Evolución de temperatura y pH en T2.

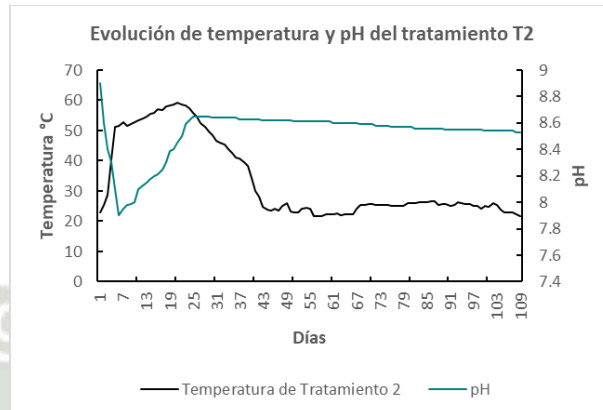


Figura 31.

Evolución de temperatura y pH en T3.

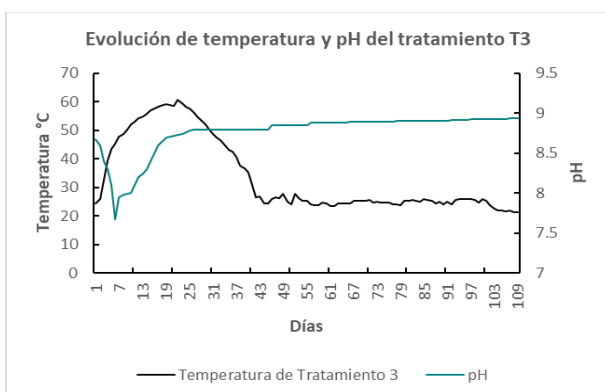
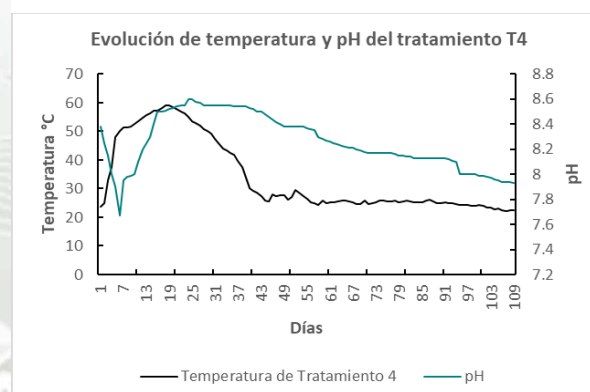


Figura 33.

Evolución de temperatura y pH en T4.



La medición de este parámetro se realizó de manera mensual, obteniendo 4 mediciones, las Figuras 31, 32, 33 y 34 muestran la evolución de temperatura y pH en el transcurso de compostaje, en cada uno de los tratamientos, donde se evidencia un descenso en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 en la fase mesófila 1 de acuerdo al comportamiento de la temperatura, por la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de descomposición de las partes más lábiles de la materia orgánica (Tortosa, 2013). El valor de pH de los cuatro tratamientos aumentó en la fase termófila, según Tortosa (2013) la descomposición de compuestos ácidos y la mineralización de compuestos nitrogenados aumentan el nivel de pH, finalmente los valores de pH encuentran una estabilidad a partir de la fase mesófila 2.

4.3.1.3. Humedad

En la Tabla 37 se aprecia que los cuatro tratamientos experimentan un descenso en los valores de humedad final en comparación con los valores iniciales. La temperatura y humedad se usan como indicadores de actividad microbiana por ello podemos afirmar que la actividad microbiana disminuyó debido al descenso de temperatura y humedad (Tortosa, 2013). La humedad es importante en el proceso de compostaje, ya que afecta la tasa de consumo de oxígeno, el espacio de aire libre, la actividad microbiana y la temperatura del proceso. Vale la pena señalar que el contenido óptimo de humedad acorta el tiempo de maduración del compost (Onwosi et ál., 2017).

Tabla 37.
Promedio de Humedad monitoreada al inicio y final del proceso de compostaje.

Día	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3	Promedio T4
1	51.33	51.50	54.50	53.40
109	41.44	41.67	45.33	44.33

4.3.2. Comportamiento de parámetros de la naturaleza del sustrato

4.3.2.1. Conductividad eléctrica

En la Tabla 38 se aprecia que los cuatro tratamientos experimentan un descenso en los datos de conductividad eléctrica final en comparación con los datos iniciales, esta conducta se debe al fenómeno de lixiviación de sales solubles producido por la excesiva humidificación del material compostado (Porras, 2011). De acuerdo con Vásquez & Loli (2018) la conductividad eléctrica es un parámetro primordial en el control del proceso de compostaje ya que refleja la salinidad de los aditivos orgánicos.

Tabla 38.
Promedio de Conductividad Eléctrica monitoreada al inicio y final del proceso de compostaje.

Día	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3	Promedio T4
1	5.53	5.41	5.74	5.23
109	1.83	1.26	1.35	1.69

4.3.3. Comportamiento de parámetros meteorológicos

Durante el desarrollo del compostaje, que tuvo una duración de 109 días calendario, no hubo precipitaciones desde que se implementó, ya que la investigación se realizó en época de estiaje

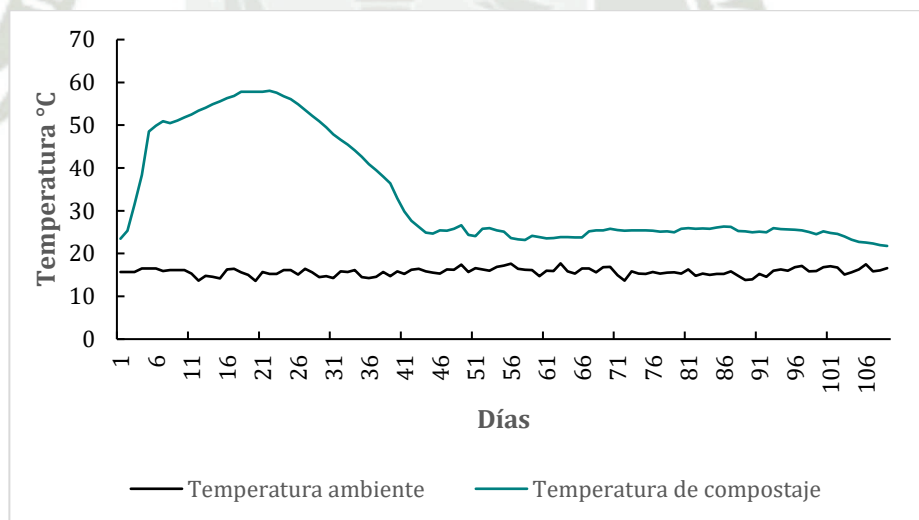
(mayo a setiembre). En seguida, se presentan las gráficas de los parámetros climatológicos elaboradas a partir de los datos obtenidos de SENAMHI.

4.3.3.1. Temperatura ambiente

Las temperaturas ambientales promedio más altas y más bajas registradas durante el proceso de compostaje fueron 24,09 y 7,33 °C, respectivamente. La Figura 35 muestra la evolución de la temperatura registrada durante los días de trabajo. El compostaje inició con valores muy cercanos a los de la temperatura ambiente, luego ascendió en la fase termófila y finalmente durante la fase de maduración los valores se acercaron a los de la temperatura ambiente. La temperatura ambiente a lo largo del proceso de compostaje se mostró constante y por debajo de los valores mínimos que alcanzó la temperatura del compostaje. En esta investigación los valores de temperatura ambiente nos permitieron identificar la cuarta fase para poder realizar la cosecha adecuada del abono.

Figura 35.

Influencia de la temperatura ambiente sobre la temperatura de las pilas de compostaje.



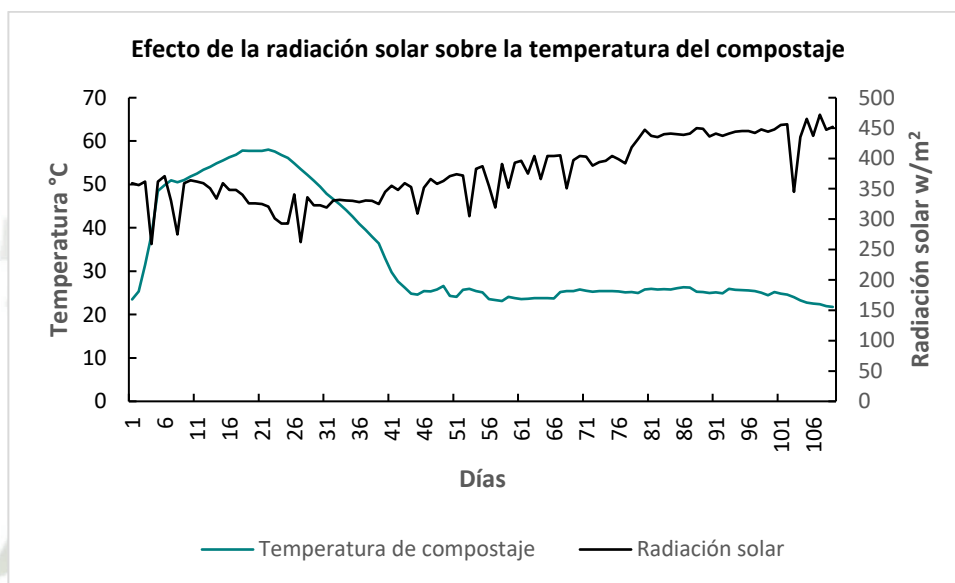
4.3.3.2. Radiación solar

En la Figura 36 se evidencia que el día 105 del desarrollo de compostaje se registró una radiación solar máxima de 465 W/m² y un valor mínimo de 259 W/m² en el cuarto día del proceso de compostaje. La radiación solar es un factor muy importante ya que de acuerdo con INTAGRI (2016), este factor está relacionado con el balance hídrico durante el proceso de compostaje y la cantidad de insolación registrada durante el proceso biológico, es por eso que el riego se realizó de manera diaria e inter diaria, esto para asegurar la humedad adecuada en

cada pila de compostaje, por otro lado Carrasco (2009) señala que la radiación solar estimula el rompimiento fotoquímico de lignina acelerando la descomposición de residuos, como podemos observar en la Figura 36, este proceso se vio más potenciado a partir del día 46 en el que los valores de radiación fueron en ascenso.

Figura 36.

Efecto de la radiación solar sobre la temperatura del proceso de compostaje.

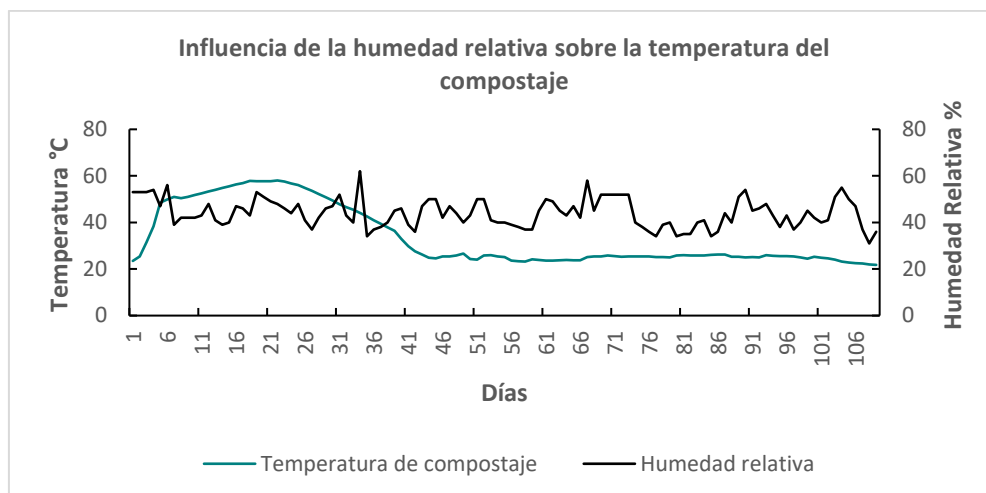


4.3.3.3. Humedad relativa

En la Figura 37 podemos observar que en el proceso de transformación de los residuos orgánicos se registró un valor mínimo de humedad relativa de 31% y un valor máximo de 62%. Sánchez et ál. (2009) argumenta que la combinación de cambios de temperatura y humedad tiene un gran impacto en la pérdida de biomasa durante el proceso de descomposición, es por ello que los resultados de humedad relativa en la fase termófila del compostaje permitieron potenciar la descomposición de las plumas de pollo, por otro lado Tortosa (2013) afirma que demasiada humedad obstruye los poros, lo que limita el intercambio de gases y el suministro de oxígeno, lo cual no sucedió en los tratamientos experimentales debido a los valores de humedad relativa registrados.

Figura 37.

Influencia de la humedad relativa sobre la temperatura del proceso de compostaje.



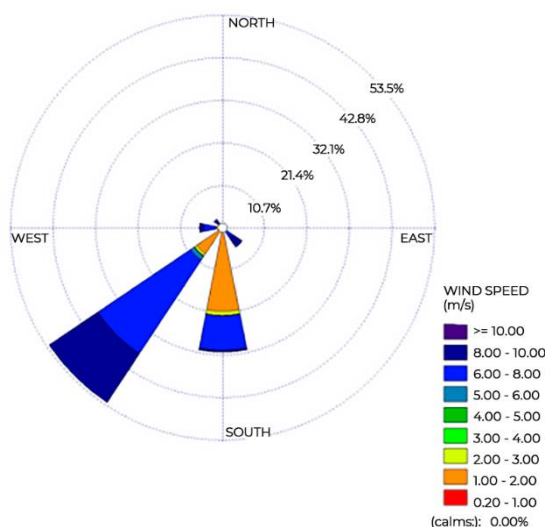
4.3.3.4. Velocidad y dirección del viento

En la Figura 38 se presenta la rosa de vientos del año 2021 que comprende un promedio de los doce meses. El comportamiento de la dirección del viento presenta una dirección predominante del Suroeste (SW) y predomina la velocidad entre los rangos de 6.0 a 8.0 m/s. Durante la mañana, presenta viento predominante del sur; con velocidad de viento de característica ventolina a brisa muy débil de 1 a 2 m/s, durante el mediodía, el viento presenta un comportamiento más definido e intenso en velocidad, predominando vientos con una dirección del Suroeste, con una velocidad de 8 a 10 m/s y finalmente en horas de la noche el comportamiento del viento presenta una dirección predominante del suroeste con una velocidad de 6 a 8 m/s.

La importancia del viento durante el proceso de compostaje radicó en la aireación ya que por medio de ello se suministró oxígeno a las pilas de compost para la degradación microbiana, teniendo en cuenta que nuestra aireación fue de tipo pasiva, asimismo permitió mantener la temperatura y quitar la humedad de la materia orgánica (Montero, 2022).

Figura 38.

Comportamiento del viento en la Estación MAP La Pampilla.



Nota. SENAMHI (2021)

4.3.4. Cosecha de compost

La Tabla 39 muestra la cantidad de compost final producido y el porcentaje de pérdida de peso, y se puede inferir que el proceso de compostaje realizado en este estudio resultó en una pérdida de peso promedio de 42.3%. Román et ál. (2013) observaron que el volumen de la pila se reduce hasta en un 50 % durante el proceso de compostaje. Esto se debe en parte a la compresión y a la pérdida de carbono en forma de CO₂.

A nivel de tratamientos el que tuvo mejor rendimiento en cuanto a reducción de masa corresponde al tratamiento 4 (T4) que obtuvo en promedio un valor de 44.74% valor superior en comparación con los tratamiento T1, T2 y T3, esto según lo expresado por Román et ál. (2013).

A continuación se muestra el balance de materia y energía de todos los tratamientos.

Tratamiento 1

451.5 KG DE RESIDUOS ORGÁNICOS + 9 L DE MICROORGANISMOS + OXIGENO → CO₂ + H₂O + CALOR + 254 KG DE COMPOST COSECHADO

Tratamiento 2

451.5 KG DE RESIDUOS ORGÁNICOS + 9 L DE MICROORGANISMOS + OXIGENO → CO₂ + H₂O + CALOR + 236.7 KG DE COMPOST COSECHADO

Tratamiento 3

428.25 KG DE RESIDUOS ORGÁNICOS + 9 L DE MICROORGANISMOS + OXIGENO → CO₂ + H₂O + CALOR + 253.7 KG DE COMPOST COSECHADO

Tratamiento 4

428.25 KG DE RESIDUOS ORGÁNICOS + 9 L DE MICROORGANISMOS + OXIGENO → CO₂ + H₂O + CALOR + 232.7 KG DE COMPOST COSECHADO

Tabla 39.

Detalle de la producción final de compost.

Tratamiento	Peso de entrada (kg)	Peso de salida (kg)	Peso de residuos sólidos en zarandeo (kg)	Reducción de peso (kg)	Reducción de peso (%)	Peso final promedio
T1R1	451.50	253	4.80	193.70	42.90	254.0
T1R2	451.50	248	5.40	198.10	43.87	
T1R3	451.50	261	5.50	185.00	40.97	
T2R1	428.25	236	3.80	188.45	44.00	236.7
T2R2	428.25	240	3.90	184.35	43.05	
T2R3	428.25	234	4.10	190.15	44.40	
T3R1	451.50	252	4.50	195.00	43.19	253.7
T3R2	451.50	249	4.90	153.50	34.00	
T3R3	451.50	260	5.10	186.40	41.28	
T4R1	428.25	225	4.20	199.05	46.47	232.7
T4R2	428.25	238	3.70	186.55	43.56	
T4R3	428.25	235	4.00	189.25	44.19	

4.3.5. Análisis estadístico y estimación de calidad de los parámetros evaluados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de los distintos parámetros considerados para este trabajo de investigación. Para una mejor comprensión se establecieron las siguientes abreviaturas:

T: Tratamiento Experimental, para el presente caso son 4 (T1, T2, T3 y T4), resultado de la combinación de los dos factores examinados.

B: Hace referencia al Factor Principal “Bacterias queratinolíticas”, el cual presenta 2 niveles.

- Con B: Con aplicación de bacterias.
- Sin B: Sin aplicación de bacterias.

P: Hace referencia al Factor Principal “Plumas”, el cual presenta 2 niveles:

- 10% P: Con 10% de plumas.
- 5% P: Con 5% de plumas

4.3.5.1. Materia Orgánica

La Tabla 40 muestra el resumen los resultados del parámetro Materia Orgánica del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

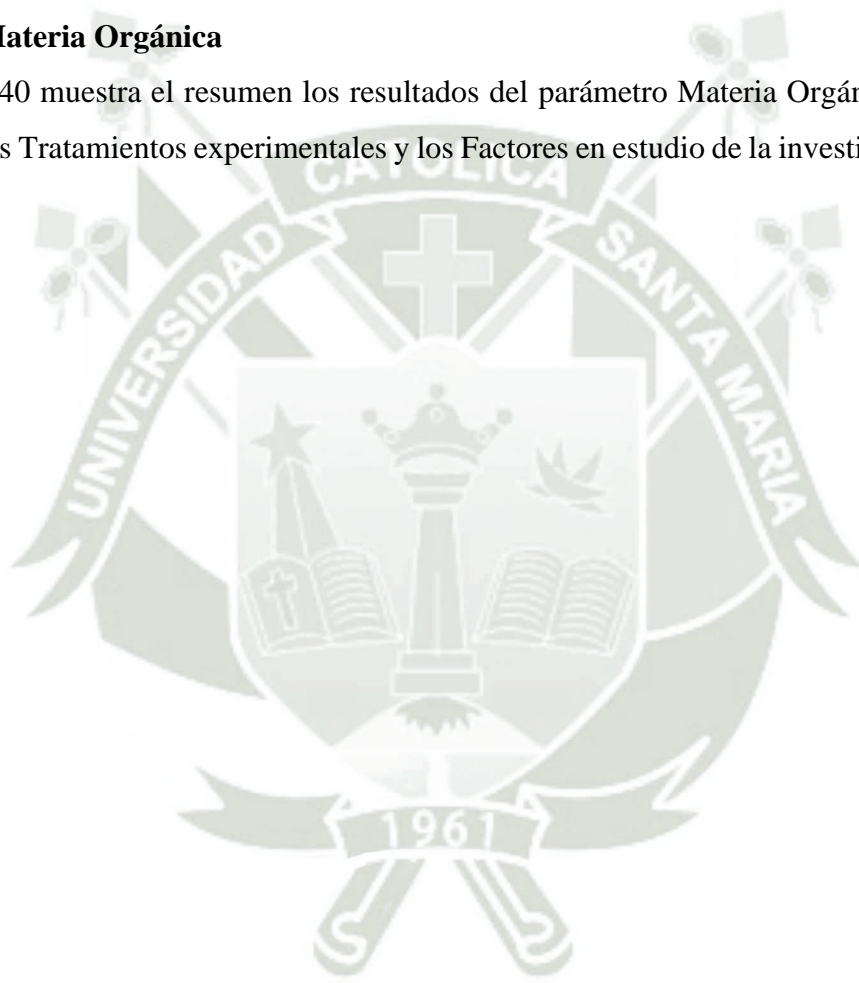


Tabla 40.

Materia Orgánica del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T1	57.47	a	10% Plumas + con Bacterias
T3	50.10	a b	5% Plumas + con Bacterias
T2	43.46	b	10% Plumas + sin Bacterias
T4	43.25	b	5% Plumas + sin Bacterias

Nota. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 41.

Materia Orgánica del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
con B	53.78	a	con aplicación de bacterias
sin B	43.36	b	sin aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional
10% P	50.46	a	con 10% de plumas
5% P	46.68	a	con 5% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 39.

Materia orgánica en los tratamientos experimentales.

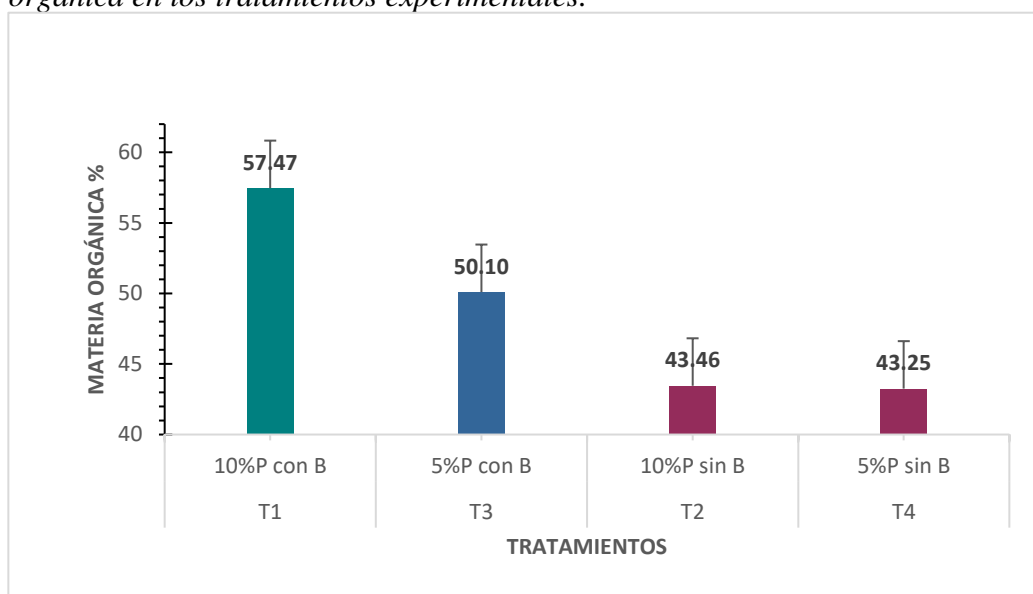


Figura 40.

Factor bacterias.

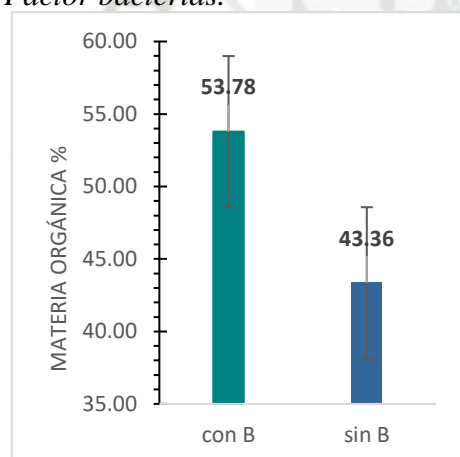
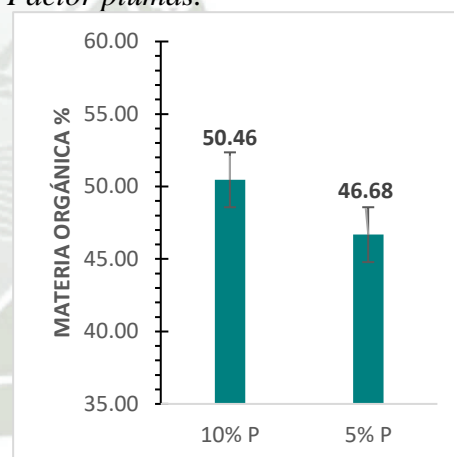


Figura 41.

Factor plumas.

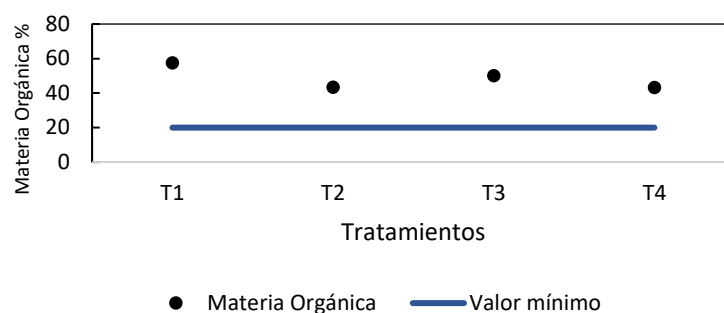


Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, la Tabla 40 y la Figura 39 muestra diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde el Tratamiento T1 (57,47%) presenta mayor porcentaje de Materia orgánica a diferencia de los Tratamientos T2 (43,46%) y T4 (43,25%) que presentan menor porcentaje de Materia orgánica. Según la Tabla 41 y las Figuras 40 y 41 se aprecia que en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas significativas (al 1% de error experimental) donde la aplicación de bacterias generó mayor porcentaje de Materia orgánica (53,78%) con respecto a los tratamientos sin aplicación de bacterias los que presentaron menor porcentaje de Materia orgánica (43,36%), mientras que

en el factor plumas no se han encontrado diferencias estadísticas significativas. Estos datos fueron comparados con los resultados hallados por Florida y Reátegui (2019) en su investigación titulada “Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*)”, en la cual determinaron un valor de (51.14%), valor más alto que el típico compost a base de residuos de cultivos, que tiene un valor promedio de (35,0%), Navarro (2018) en su tesis “Determinación de la calidad de compost combinando microorganismos eficientes y residuos avícolas generados en el mercado central virgen de Fátima, Huaraz – 2017” obtuvo un valor de (78%), indicando ambos autores que el aumento de materia orgánica es favorable mientras mayor sea la degradación de plumas. Bueno et ál. (2008) defiende que la materia orgánica es el principal factor determinante de la calidad agrícola del compost y de acuerdo con Román et ál. (2013) un compost ideal debe contener al menos un 20% de materia orgánica, los valores obtenidos en esta investigación para los cuatro tratamientos son consistentes y corresponden a un compost de alta calidad que mejora la calidad del suelo. Los resultados muestran que el factor plumas no presenta diferencia significativa, sin embargo, Florida & Reátegui (2019) señalan que a mayor proporción en plumas en las pilas de compostaje se obtendrá una mayor concentración de materia orgánica, por otro lado, Castaldi et ál. (2005) menciona que un compost de plumas podría aumentar la cantidad de materia orgánica, en caso se extienda el tiempo del proceso de compostaje. La diferencia significativa en los factores bacterianos indica que las bacterias queratinolíticas pueden desempeñar un papel importante en la queratinólisis de las plumas de pollo en condiciones aeróbicas. Bueno et ál. (2008) argumenta que la tasa de conversión de la materia orgánica depende de sus propiedades físicas y químicas, los microorganismos involucrados y las condiciones fisicoquímicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH).

A continuación, en la Figura 42 podemos observar que los cuatro tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro de Materia Orgánica, el cual debe ser mayor o igual a 20% establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 42.
Materia orgánica de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.2. Relación Carbono Nitrógeno

En la Tabla 42 se resumen los resultados del parámetro Relación Carbono/Nitrógeno del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 42.
Relación carbono/nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T2	28.22	a	10% Plumas + sin Bacterias
T4	28.08	a	5% Plumas + sin Bacterias
T3	27.51	a	5% Plumas + con Bacterias
T1	24.83	b	10% Plumas + con Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 43.
Relación Carbono/Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	28.15	a	sin aplicación de bacterias
con B	26.17	b	con aplicación de bacterias

Plumas	Promedio	Significación 5%	Información adicional
5% P	27.80	a	con 5% de plumas
10% P	26.53	b	Con 10% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 43.

Relación Carbono nitrógeno en los tratamientos experimentales.

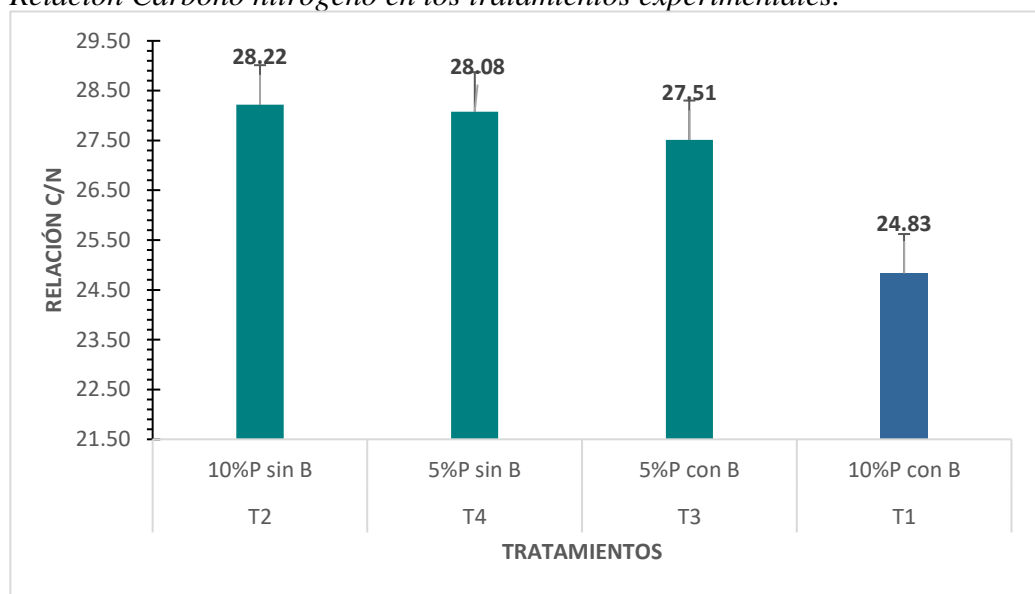


Figura 44.

Factor bacterias.

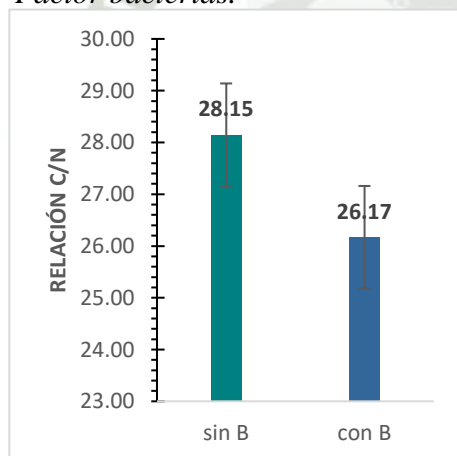
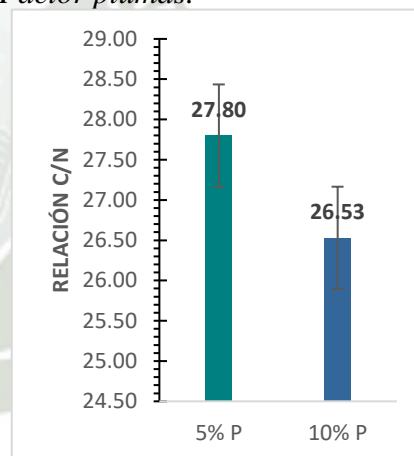


Figura 45.

Factor plumas.



Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, en la Tabla 42 y la Figura 43 se evidencian diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde los Tratamientos T2 (28,22), T4 (28,08) y T3 (27,51), han logrado mayor relación Carbono - Nitrógeno a diferencia del Tratamiento T1 (24,83) que ha logrado menor relación Carbono - Nitrógeno. Según la Tabla 43 y las Figuras 44 y 45 se aprecia que en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas altamente significativas (al 1% de error experimental). Donde la aplicación de bacterias logró generar menor valor de relación Carbono - Nitrógeno (26.17) con respecto a los tratamientos sin aplicación de bacterias los que generaron mayor

valor de relación Carbono - Nitrógeno (28.15) y en el factor plumas se han encontrado diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde la aplicación de 5% de plumas logró generar mayor relación Carbono - Nitrógeno (27,80) con respecto a los tratamientos con aplicación de 10% de plumas los que generaron menor relación Carbono - Nitrógeno (26,53), valores muy cercanos al resultado de Navarro (2018) que obtuvo un valor de relación carbono nitrógeno de 27.08. Según la investigación realizada por Bautista (2005) el carbono orgánico provee de distintas fuentes de energía a los microorganismos, mientras que el nitrógeno les permite elaborar proteínas indispensables para su crecimiento y funcionamiento. Podemos confirmar que los cuatro tratamientos presentan resultados de buena calidad ya que Bueno et ál. (2008) asegura que los microorganismos consumen 30 carbonos por 1 nitrógeno, esto se complementa con lo que expresa Monsalve et ál. (2017), quien argumenta que el rango ideal es de 20 a 40, ya que se crea un punto de equilibrio entre la mineralización y la fijación del nitrógeno lo cual permitirá aprovechar y retener la mayor parte de carbono y nitrógeno (Bueno et ál., 2008).

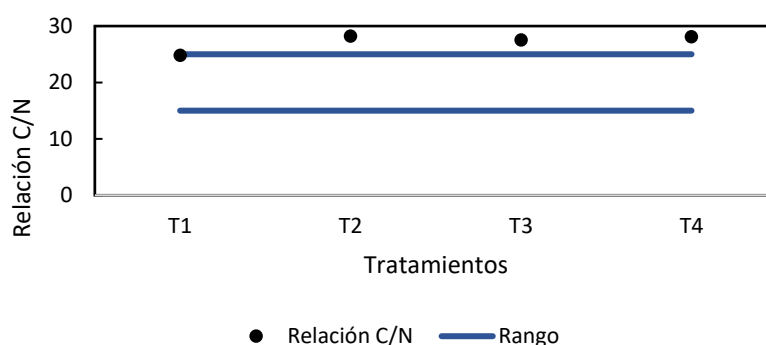
El tratamiento T1 (con bacterias) presentó el menor valor, Monsalve et ál. (2017) enfatiza que esto es debido a que las bacterias cumplen la función de almacenamiento (inmovilización) y fuente (mineralización), teniendo en cuenta que cuando mueren los microorganismos el nitrógeno se recicla con biomasa y por ende la relación de C/N tiende a reducir. Los altos valores de T2 (sin bacterias) y T4 (sin bacterias) se deben a que las plumas de pollo son poco biodegradables y ricas en nitrógeno, además Bueno et ál. (2008) argumenta que, aunque estos residuos tengan una alta relación de C/N esta será muy poco disponible para los microorganismos, por lo cual es necesario añadir microorganismos queratinolíticos que ayuden a mejorar la disponibilidad de estos. Monsalve et ál. (2017) señala que si la relación C/N es muy alta existirá solo inmovilización de nitrógeno y no se llegará a mineralizar el total de nitrógeno. Bueno et ál. (2008) muestra que la actividad biológica se reduce y los procesos se ralentizan. La eliminación del exceso de carbono requiere la aparición de nuevos microorganismos. Por otro lado, Bueno et ál. (2008) argumenta que, si la relación C/N es baja, el compostaje ocurrirá más rápido, pero el exceso de nitrógeno se liberará en forma de amoníaco. Bautista (2005) considera que la relación C/N es un indicador de la tasa de degradación. Esto se debe a que la relación C/N afecta la velocidad del proceso y la pérdida de amonio durante el compostaje. Bautista (2005) destaca que un valor ideal de la relación C/N en un compost permite la liberación lenta de los nutrientes como el carbono y nitrógeno, lo que

beneficia el desarrollo de las plantas. Si el compost maduro tiene exceso de carbono cuando es aplicado al suelo genera secuestro de nitrógeno, compitiendo con la planta.

A continuación, la Figura 46 muestra que el tratamiento T1 es el único que cumple con el requisito del parámetro de Relación Carbono Nitrógeno, el cual se debe ubicar en el rango de 15 a 25 establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 46.

Relación carbono/nitrógeno de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.3. Nitrógeno

En la Tabla 44 se resumen los resultados del parámetro Nitrógeno del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 44.

Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T1	1.36	a	10% Plumas + con Bacterias
T3	1.06	a b	5% Plumas + con Bacterias
T4	0.89	b	5% Plumas + sin Bacterias
T2	0.89	b	10% Plumas + sin Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 45.

Nitrógeno del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
con B	1.21	a	con aplicación de bacterias
sin B	0.89	b	sin aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional
10% P	1.13	a	con 10% de plumas
5% P	0.98	a	con 5% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 47.

Nitrógeno en los tratamientos experimentales.

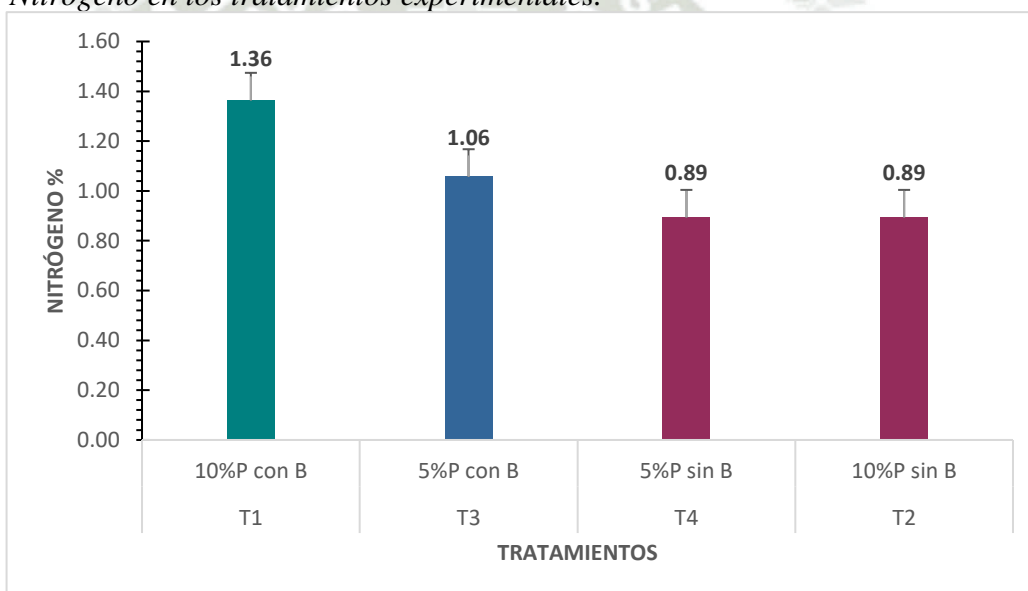


Figura 48.

Factor bacterias.

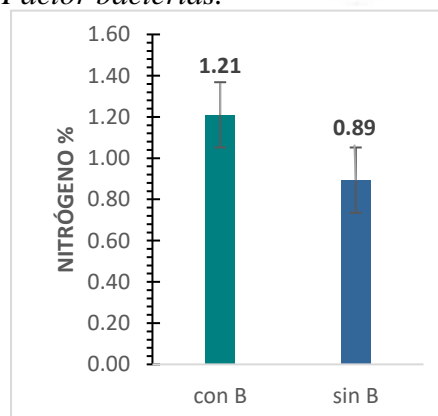
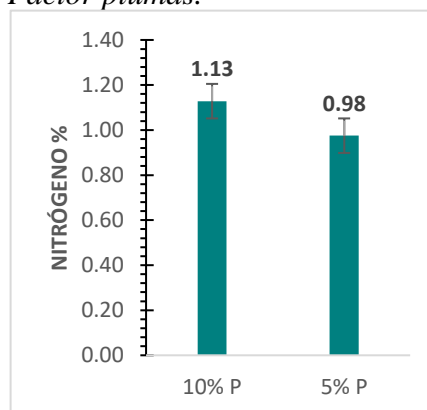


Figura 49.

Factor plumas.



Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, en la Tabla 44 y la Figura 47 se evidencian diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde el Tratamiento T1 (1,36%) ha logrado mayor porcentaje de Nitrógeno a diferencia de los Tratamientos T4 (0,89%) y T2 (0,89%) que lograron menor porcentaje de Nitrógeno. Según la Tabla 45 y las Figuras 48 y 49 se aprecia que en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas altamente significativas (al 1% de error experimental). Donde la aplicación de bacterias logró generar mayor porcentaje de Nitrógeno (1,21%) con respecto a los tratamientos sin aplicación de bacterias los que generaron menor porcentaje de Nitrógeno (0,89%) y en el factor plumas no se han encontrado diferencias estadísticas significativas. Los resultados obtenidos en el tratamiento T1 concuerdan con el trabajo de investigación de López (2020), quien demuestra que los microorganismos queratinolíticos tienen la capacidad de actuar de forma masiva sobre material queratinoso, ya que usan a las plumas como su principal fuente de nitrógeno, carbono y energía para el mantenimiento de sus actividades biológicas como crecimiento y metabolismo, lo que posibilita una liberación del nitrógeno contenido en las plumas de forma lenta. Por otro lado, Florida y Reátegui (2019), obtuvieron mejores valores de porcentaje de nitrógeno 4.8% en las pilas de compostaje con presencia de microorganismos y mayor proporción de plumas de pollo, debido a que las plumas presentan altos niveles de materia orgánica, proteínas y también nitrógeno, según la investigación de Nagarajan et al., (2018) hallaron un valor máximo de 0.72%, señalando que este parámetro en una fuente de aminoácidos y forman parte de las unidades estructurales de la queratina.

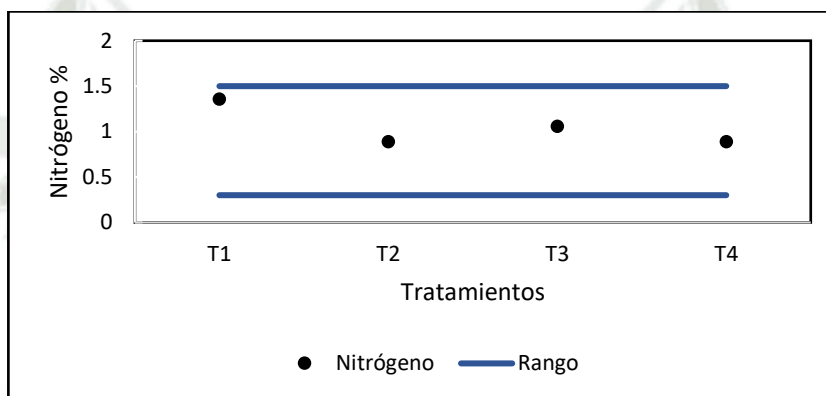
Florida (2016) señala que el compostaje de plumas de pollo mejora la calidad final del compost, ya que el contenido de nitrógeno, junto con la materia orgánica, es un parámetro clave que determina la calidad del compost. Por su alto valor de nitrógeno el tratamiento T1 es un compost favorable para la división y reproducción de células vegetales debido a que el nitrógeno es componente de los ácidos nucleicos y produce aminoácidos como la lisina, metionina y la cisteína (Nagarajan et ál., 2018).

La disminución significativa en el contenido de nitrógeno de T2 y T4 de acuerdo con Nagarajan et ál. (2018) fue el resultado del proceso de amonificación (NH_4^+), que convirtió una fracción de nitrógeno orgánico en iones NH_3 y NH_4^+ , una recomendación para evitar resultados

adversos como son la baja permeabilidad, bajo valor de nitrógeno o la liberación de compuestos fitotóxicos, se debe añadir el inóculo adecuado para la concentración del sustrato.

A continuación, en la Figura 50 podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro Nitrógeno, el cual se debe ubicar en el rango de 0.3 a 1.5% establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 50.
Nitrógeno de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.4. Fósforo

En la Tabla 46 se resumen los resultados del parámetro Fósforo del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 46.
Fósforo del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T3	0.96	a	5% Plumas + con Bacterias
T1	0.93	a b	10% Plumas + con Bacterias
T2	0.69	b c	10% Plumas + sin Bacterias
T4	0.66	c	5% Plumas + sin Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 47.

Fósforo del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
con B	0.94	a	con aplicación de bacterias
sin B	0.68	b	sin aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional
5% P	0.81	a	con 5% de plumas
10% P	0.81	a	con 10% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 51.

Fósforo en los tratamientos experimentales.

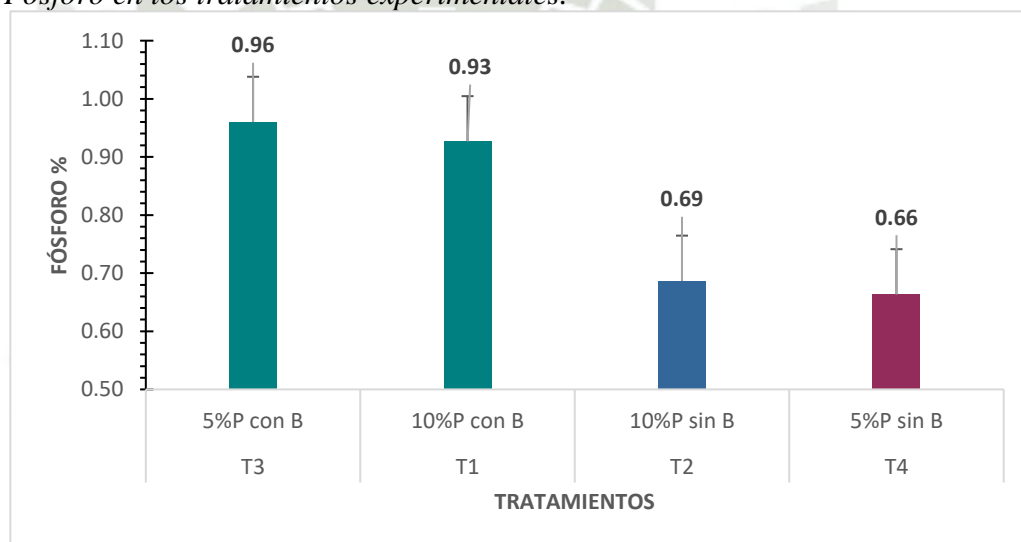


Figura 52.

Factor bacterias.

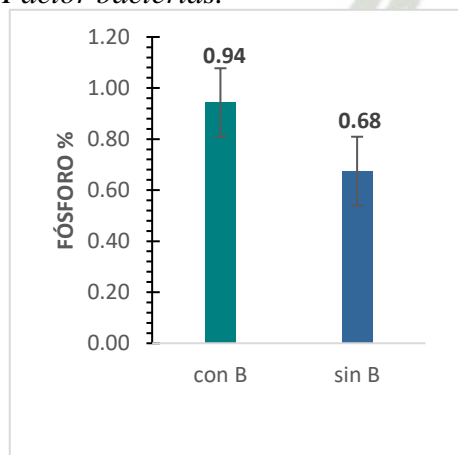
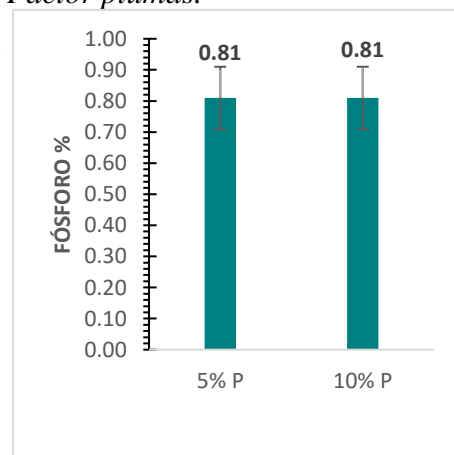


Figura 53.

Factor plumas.

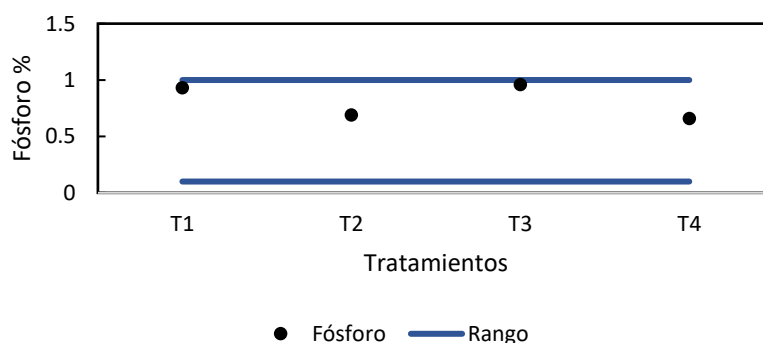


Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 46 y la Figura 51 muestran diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental) donde los Tratamientos T3 (0,96%) y T1 (0,93%) presentan mayor porcentaje de Fósforo a diferencia del Tratamiento T4 (0,66%) que presenta menor porcentaje de Fósforo. Según la Tabla 47 y las Figuras 52 y 53 en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas altamente significativas (al 1% de error experimental) donde la aplicación de bacterias logró promover mayor porcentaje de Fósforo (0,94%) con respecto a los tratamientos sin aplicación de bacterias los que generaron menor porcentaje de Fósforo (0,68%) y en el factor plumas no se han encontrado diferencias estadísticas significativas. Florida et ál. (2016) obtuvo un valor de contenido de fósforo de 0.42%, el cual es inferior a los valores obtenidos en los tratamientos de esta investigación, Florida et ál. (2016) señalan que esto se debe al factor de bacterias queratinolíticas, que mejora significativamente la concentración de este parámetro durante el compostaje y permite su uso como abono orgánico, ya que según Choinska (2019) el fósforo junto al potasio, nitrógeno y azufre representa uno de los componentes clave de los fertilizantes utilizados en la agricultura para estimular el desarrollo de las plantas, por otro lado, Nagarajan et ál. (2018), obtuvieron un valor de 1.04% y confirman que el fósforo es un componente integral de las membranas celulares, importante para la permeabilidad y como mecanismo de transferencia de energía de la planta, además Román et ál. (2013) muestran que el fósforo participa en la transferencia de energía y, por lo tanto, es importante para la fotosíntesis.

A continuación, en la Figura 54 podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro Fósforo, el cual se debe ubicar en el rango de 0.1 a 1.0% establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 54.

Fósforo de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.5. Potasio

En la Tabla 48 se resumen los resultados del parámetro Potasio del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 48.

Potasio del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T1	1	a	10% Plumas + con Bacterias
T4	0.99	a	5% Plumas + sin Bacterias
T2	0.99	a	10% Plumas + sin Bacterias
T3	0.95	a	5% Plumas + con Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 49.

Potasio del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	0.99	a	sin aplicación de bacterias
con B	0.97	a	con aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional
10% P	0.99	a	con 10% de plumas
5% P	0.97	a	con 5% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 55.
Potasio en los tratamientos experimentales.

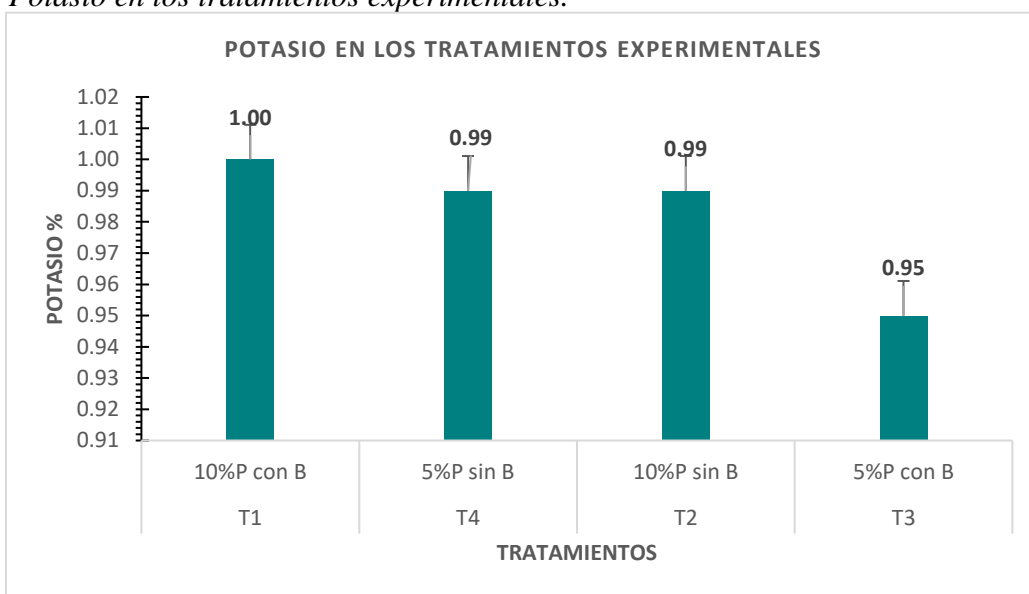


Figura 56.
Factor bacterias.

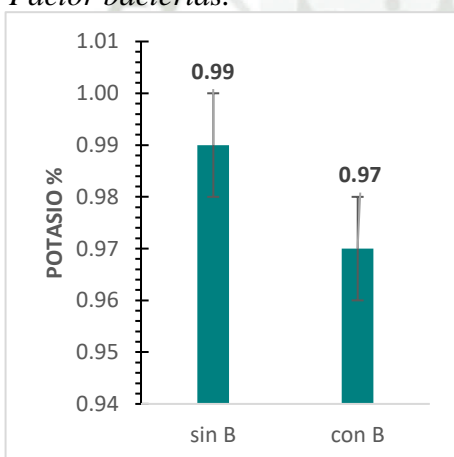
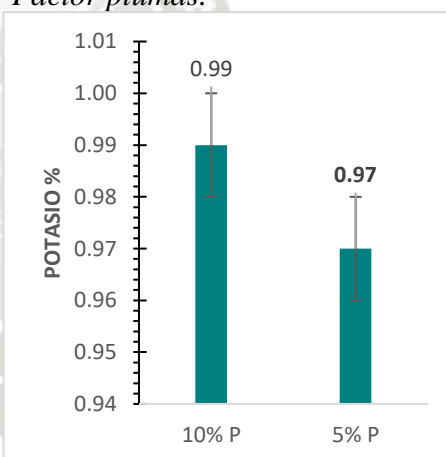


Figura 57.
Factor plumas.

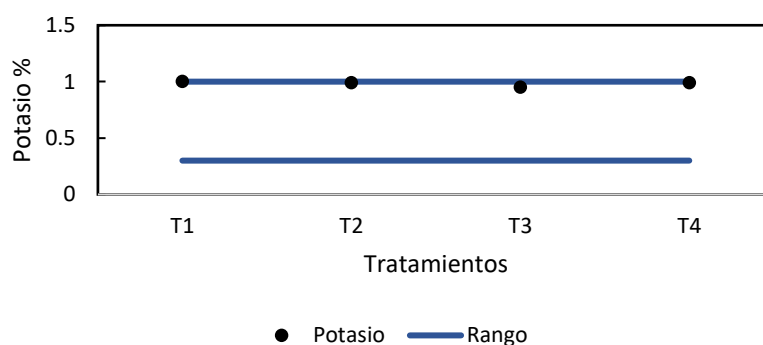


Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 48 y la Figura 55 no evidencian diferencias estadísticas significativas a nivel de Tratamientos Experimentales, solo diferencias numéricas teniendo como valor más alto a T1 con 1%, valor que ha sido contrastado por otros autores como Florida & Reátegui (2019) que hallaron un valor de 1.42%, Nagarajan et al., (2018) con un valor de 0.68% y Florida et ál. (2016) con un valor de 1.22% , este autor concluye que la composta a base de plumas es baja en potasio y fósforo. en comparación con otros alimentos compostables como café molido, cáscaras de plátano y estiércol de vaca.

Según la Tabla 49 y las Figuras 56 y 57 en el factor bacterias no se registran diferencias estadísticas significativas y en el factor plumas tampoco. Román et ál. (2013) describen que el potasio cumple un rol importante en la conformación de la planta, específicamente en la síntesis de carbohidratos y de proteínas estructurales. Asimismo, potencia el suministro de agua de la planta y aumenta su resiliencia a la sequía, el frío y la salinidad. Si bien los resultados de los análisis muestran que no hubo diferencia significativa entre tratamientos los valores obtenidos se encuentran en un rango de 0.3 a 1% el cual es considerado ideal por varias fuentes como Florida et ál. (2016) y Román et ál. (2013).

A continuación, en la Figura 58 podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro Potasio, el cual se debe ubicar en el rango de 0.3 a 1.0% establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 58.
Potasio de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.6. Conductividad Eléctrica

Este parámetro se ha evaluado a los 109 días después del inicio del proceso de compostaje. En la Tabla 50 se resumen los resultados del parámetro Conductividad eléctrica presente en el Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 50.

Conductividad eléctrica del Compost final expresada en dS/m, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T4	1.83	a	5% Plumas + sin Bacterias
T1	1.69	a b	10% Plumas + con Bacterias
T2	1.35	b	10% Plumas + sin Bacterias
T3	1.26	b	5% Plumas + con Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 51.

Conductividad eléctrica del Compost final expresada en dS/m, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	1.59	a	sin aplicación de bacterias
con B	1.47	a	con aplicación de bacterias

Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional
5% P	1.55	a	con 5% de plumas
10% P	1.52	a	con 10% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 59.

Conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales.

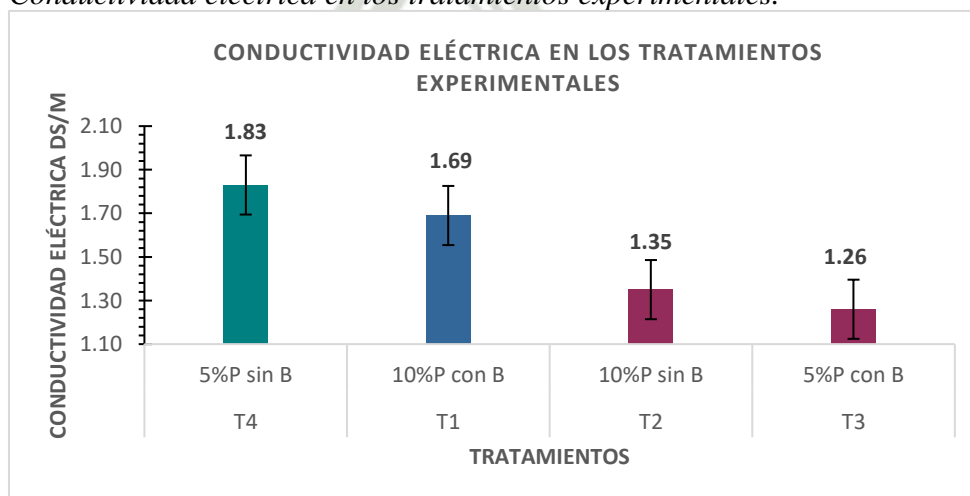


Figura 60.
Factor bacterias.

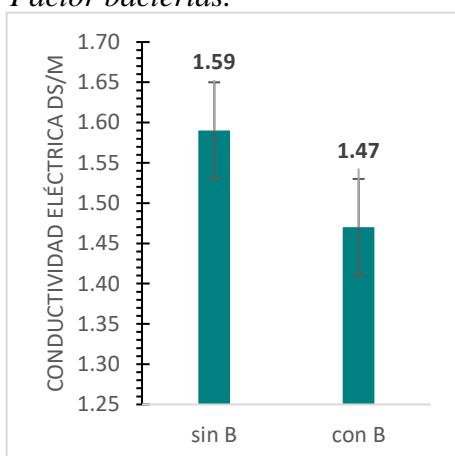
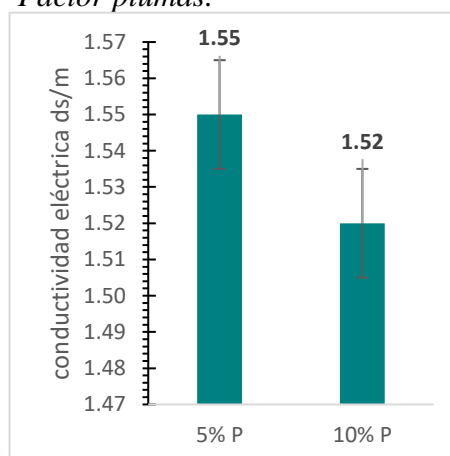


Figura 61.
Factor plumas.



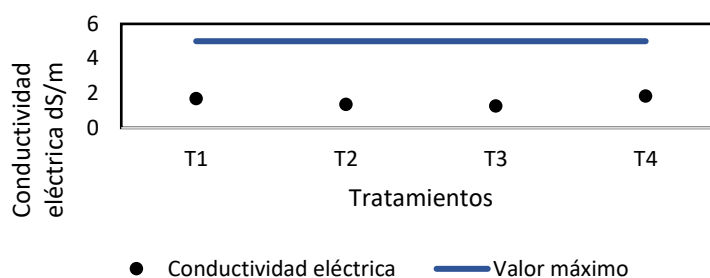
Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 50 y la Figura 59 evidencian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio (al 5% de error experimental). Donde el Tratamiento T4 (1,83 dS/m) registra mayor valor de Conductividad eléctrica a diferencia de los Tratamientos T2 (1,35 dS/m) y T3 (1,26 dS/m) los que presentan menor valor de Conductividad eléctrica. Según la Tabla 51 y las Figuras 60 y 61 se evidencia que en el factor bacterias no existen diferencias estadísticas significativas y en el factor plumas tampoco se han encontrado diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos fueron argumentados con lo señalado por Bueno et ál (2008) quien indica que la razón de la disminución de la conductividad eléctrica puede ser el fenómeno de lixiviación en masa ocasionado por un exceso de humectación, en el caso de los tratamientos T4 y T2 la diferencia se encuentra relacionada con el exceso de humectación en el tratamiento T2, ya que cuenta con mayor cantidad de plumas, las cuales aumentaron el tiempo de humectación de la masa, porque estas son impermeables y tienen una alta función protectora por su contenido de queratina (Leandro & Paz, 2022). Sin embargo, cabe resaltar que los valores de conductividad eléctrica de los cuatro tratamientos están por debajo de 2 ds/m, Bautista (2005) declara que si los valores son mayores a 4 ds/m causan problemas de salinización a los suelos y afectan a las plantas impidiendo el consumo de agua (Bueno et ál., 2008), por otro lado, según Bárbaro et ál. (2000) señala que una Conductividad eléctrica baja facilita la fertilización evitando problemas de fitotoxicidad en el suelo.

A continuación, en la Figura 62 podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro Conductividad eléctrica, el cual se debe ser menor a 5 dS/m establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 62.

Conductividad eléctrica de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.7. pH

Este parámetro se ha evaluado a los 109 días después del inicio del proceso de compostaje. En la Tabla 52 se resumen los resultados del pH del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 52.

pH del Compost final expresado en números, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T2	8.94	a	10% Plumas + sin Bacterias
T4	8.65	a	5% Plumas + sin Bacterias
T3	8.53	a b	5% Plumas + con Bacterias
T1	7.93	b	10% Plumas + con Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 53.

pH del Compost final expresado en números, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	8.79	a	sin aplicación de bacterias
con B	8.23	b	con aplicación de bacterias

Plumas	Promedio	Significación NS	Información adicional

5% P	8.59	a	con 5% de plumas
10% P	8.43	a	con 10% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 63.
pH en los tratamientos experimentales.

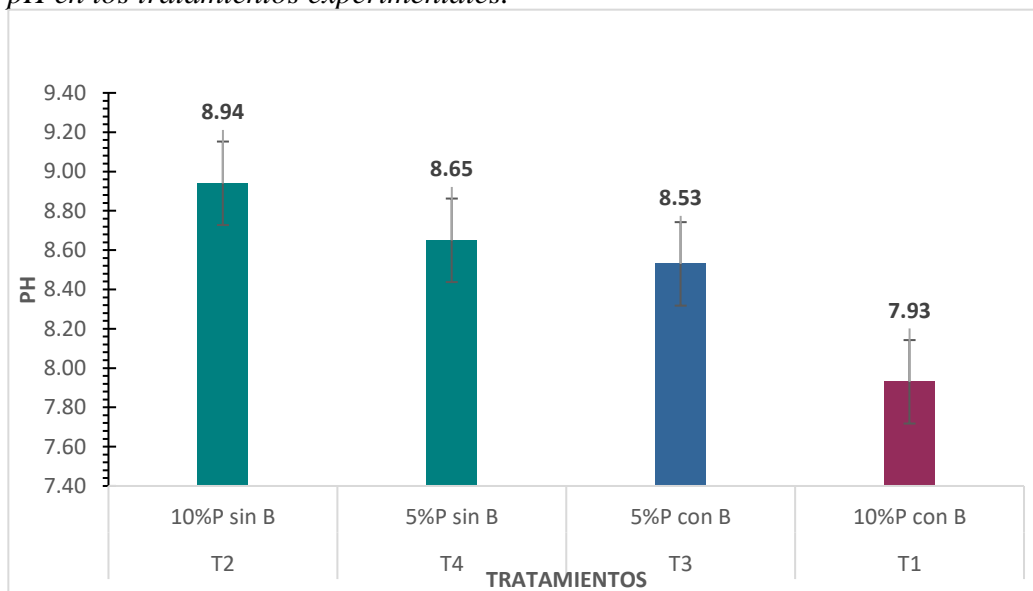


Figura 64.
Factor bacterias.

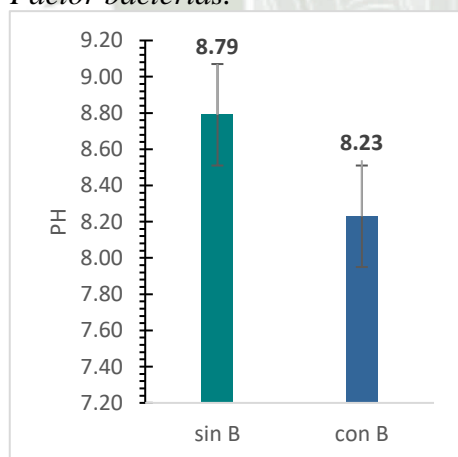
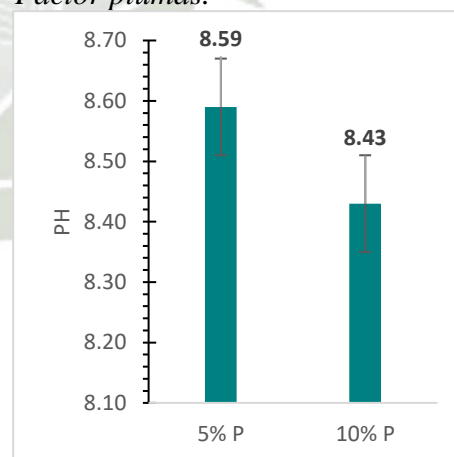


Figura 65.
Factor plumas.



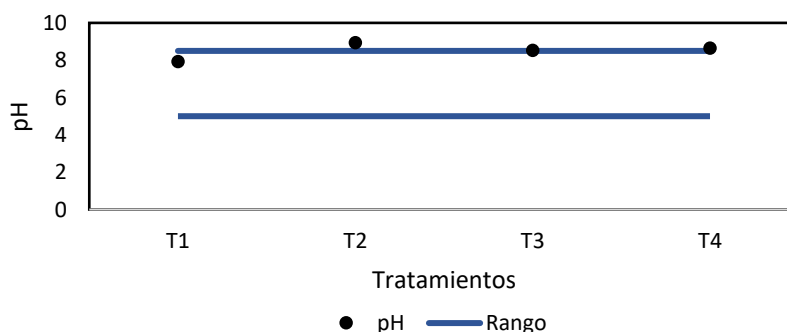
Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 52 y la Figura 63 evidencian diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde los Tratamientos T2 (8,94) y T4 (8,65) presenta mayor índice de pH a diferencia del Tratamiento T1 (7,93) que registran menor índice de pH. Según la Tabla 53 y las Figuras 64 y 65 en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas altamente significativas (al

1% de error experimental). Donde los tratamientos sin aplicación de bacterias han promovido mayor índice de pH (8,79) con respecto a los tratamientos con aplicación de bacterias los que presentaron menor índice de pH (8,23) y en el en el factor plumas no se han encontrado diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos muestran que durante nuestro proceso de compostaje no se formaron muchos ácidos orgánicos producto de la descomposición de los enlaces disulfuros de la queratina que es el componente principal de la pluma de pollo. Además, es importante señalar que los valores elevados de pH pueden indicar que hubo una mineralización de péptidos y aminoácidos que conducen a la amonificación (Gigliotti et al. 2012). Según Sánchez (2014) un compost con pH alcalino dificulta la asimilación de fósforo ya que este se une al calcio evitando la disponibilidad para las plantas por ende la condición ácida ayuda a la liberación de nutrientes para apoyar el desarrollo de las plantas. Florida et ál. (2016) indica que la disminución del pH aumenta la disponibilidad de sustratos orgánicos, fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre. Sin embargo; el aumento de pH aumenta la disponibilidad de calcio y magnesio. Tiquia & Tam (1999), indica que cuando los niveles de pH disminuyen los valores de nitrógeno aumentan y esto se ve reflejado en los valores de nitrógeno de esta investigación.

A continuación, en la Figura 66 podemos observar que solo el T1 cumple con el requisito del parámetro pH, el cual debe ubicarse en el rango de 5 a 8.5 establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 66.
pH de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.8. Humedad

Este parámetro se ha evaluado a los 109 días después del inicio del proceso de compostaje. En la Tabla 54 se resumen los resultados del parámetro Porcentaje de Humedad del Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 54.

Humedad del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T2	45.33	a	10% Plumas + sin Bacterias
T1	44.33	a b	10% Plumas + con Bacterias
T3	41.67	b	5% Plumas + con Bacterias
T4	41.45	b	5% Plumas + sin Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 55.

Humedad del Compost final expresados en porcentaje, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	43.39	a	sin aplicación de bacterias
con B	43.00	a	con aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación	Información adicional
10% P	44.83	a	con 10% de plumas
5% P	41.56	b	con 5% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 67.
Humedad en los tratamientos experimentales.

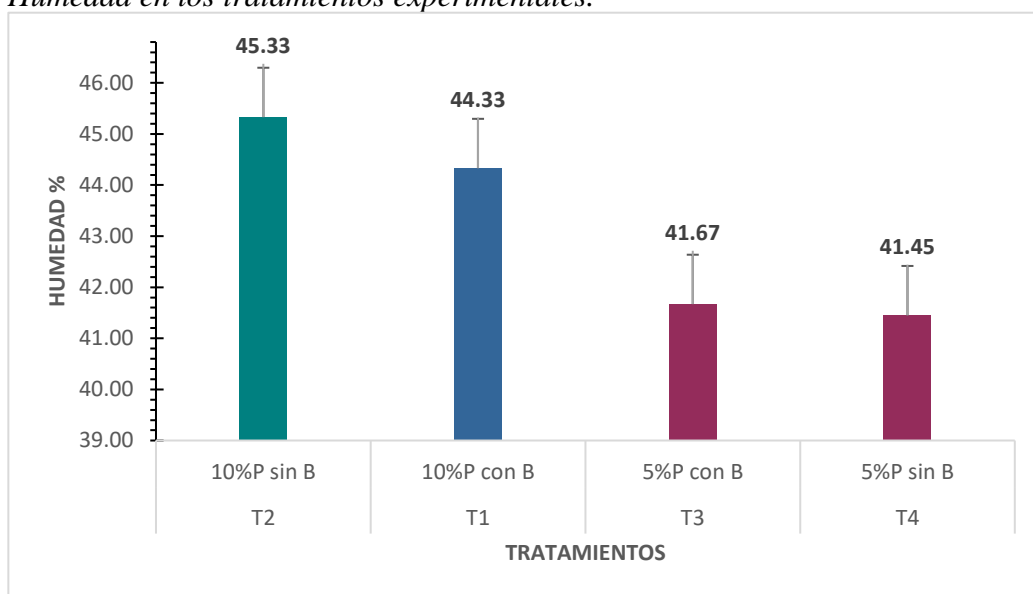


Figura 68.
Factor bacterias.

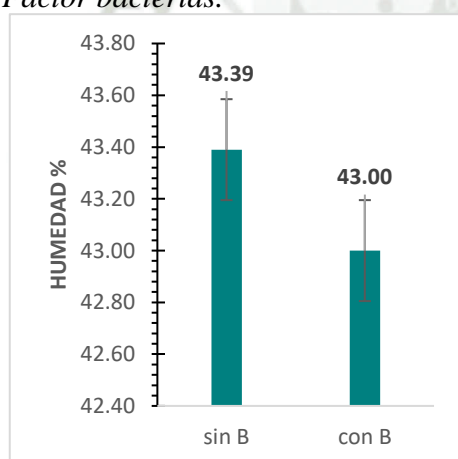
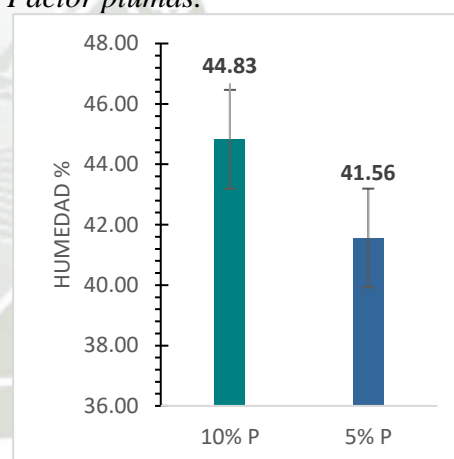


Figura 69.
Factor plumas.



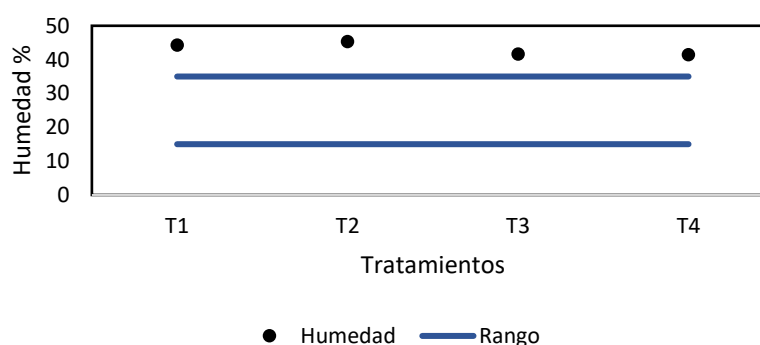
Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 54 y la Figura 67 evidencian diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde el Tratamiento T2 (45,33%) presenta mayor porcentaje de Humedad a diferencia de los Tratamientos T3 (41,67%) y T4 (41,45%) que presentan menor porcentaje de Humedad. Según la Tabla 55 y las Figuras 68 y 69 se evidencia que en el factor bacterias no se han encontrado diferencias estadísticas significativas y en el factor plumas se han encontrado diferencias estadísticas altamente significativas (al 1% de error experimental). Donde la aplicación de 10%

de plumas concentró mayor porcentaje de Humedad (44,83%) con respecto a los tratamientos con 5% de plumas los que acumularon menor porcentaje de Humedad (41,56%).

Los resultados fueron comparados con el trabajo de investigación de Román et ál. (2013) quienes indican que el rango óptimo de porcentaje de humedad va de 45 a 60%. Además, Cabrera & Rossi (2016) señalan que el valor ideal es cercano a 55%, bajo esta premisa el resultado obtenido en el T2 cumple con lo descrito. Cabrera & Rossi (2016) señalan que valores inferiores a 45% disminuyen la degradación de la materia por parte de los microorganismos, lo que impide que se complete la desintegración, generando un producto biológicamente inestable. Xie (2017), indica que durante el proceso de compostaje de plumas de pollo con bacterias se genera calor debido al metabolismo microbiano, esto conlleva a un aumento del porcentaje de humedad de la pila de compostaje sin embargo esto no se reflejó en los resultados obtenidos y esto pudo haberse dado debido a que las pilas de compostaje contaban con sistemas de aireación y según Román et ál. (2013) la aireación excesiva conduce a una temperatura más baja y una humedad evaporativa más alta.

A continuación, en la Figura 70 podemos observar que los 4 tratamientos T1, T2, T3 y T4 no cumplen con el requisito del parámetro Humedad, el cual debe ubicarse en el rango de 15% a 35% establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 70.
Humedad de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.5.9. Coliformes Fecales

Este parámetro se ha evaluado a los 109 días después del inicio del proceso de compostaje. En la Tabla 56 se resumen los resultados del parámetro Número de bacterias coliformes fecales presentes en el Compost final en los Tratamientos experimentales y los Factores en estudio de la investigación realizada.

Tabla 56.

Número de bacterias coliformes fecales del Compost final a nivel de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento experimental	Promedio	Significación 5%	Información adicional
T2	936.67	a	10% Plumas + sin Bacterias
T3	383.33	b	5% Plumas + con Bacterias
T1	199.33	b	10% Plumas + con Bacterias
T4	133.33	b	5% Plumas + sin Bacterias

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Tabla 57.

Número de bacterias coliformes fecales del Compost final, a nivel de los Factores en estudio.

Bacterias	Promedio	Significación 1%	Información adicional
sin B	535.00	a	con aplicación de bacterias
con B	291.33	b	sin aplicación de bacterias
Plumas	Promedio	Significación 5%	Información adicional
10% P	568.00	a	con 10% de plumas
5% P	258.33	b	con 5% de plumas

Nota. Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa ($p < 5\%$) ($p < 1\%$).

Figura 71.
Coliformes fecales en los tratamientos experimentales.

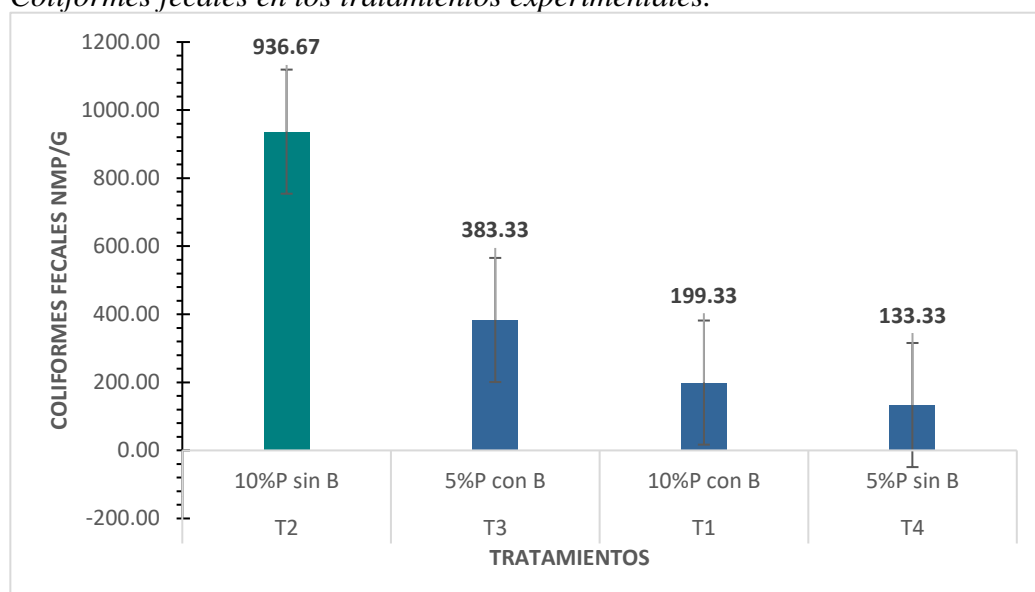


Figura 72.
Factor bacterias.

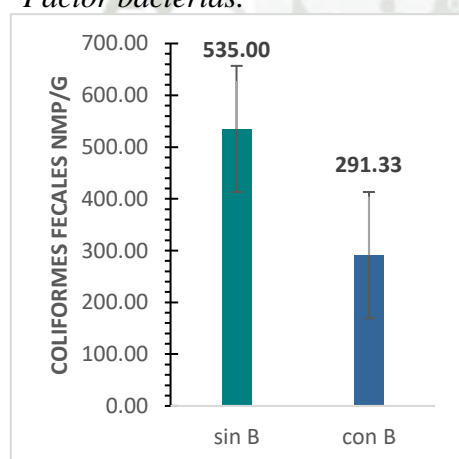
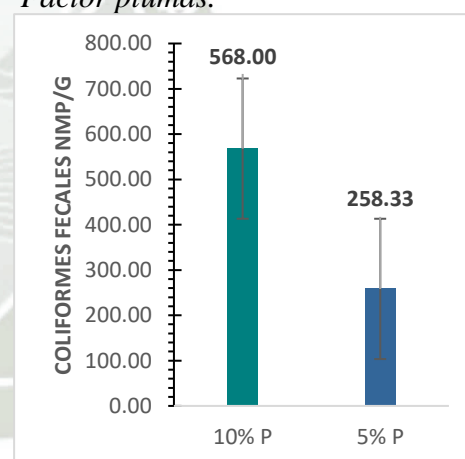


Figura 73.
Factor plumas.



Según el objetivo específico, determinar los parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto, los resultados obtenidos en la Tabla 56 y la Figura 71 se registran diferencias estadísticas altamente significativas (al 1% de error experimental) donde el Tratamiento T2 (936,67) muestra la presencia de mayor Número de bacterias coliformes fecales a diferencia de los Tratamientos T3 (383,33), T1 (199,33) y T4 (133,33), siendo estos los que registran menor Número de bacterias coliformes fecales. Según la Tabla 57 y las Figuras 72 y 73 en el factor bacterias se han encontrado diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde los tratamientos sin aplicación de bacterias queratinolíticas han mostrado la presencia de mayor Número de bacterias coliformes fecales

(535,00) con respecto a los tratamientos con aplicación de bacterias queratinolíticas los que presentaron menor Número de bacterias coliformes fecales (291,33) y en el factor plumas se han encontrado diferencias estadísticas significativas (al 5% de error experimental). Donde la aplicación de 10% de plumas concentró mayor Número de bacterias coliformes fecales (568,00) con respecto a los tratamientos con 5% de plumas los que registraron menor Número de bacterias coliformes fecales (258,33).

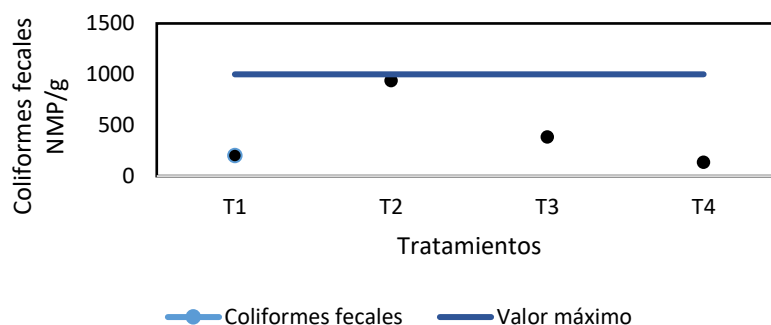
Los resultados obtenidos fueron comparados con Guerrero & Monsalve (2007) quienes indican que las plumas de pollo y el estiércol bovino son una fuente principal de coliformes fecales. Además, señalan que la concentración de coliformes fecales se reduce mediante el proceso de compostaje. Cabe indicar que en el factor de plumas existe una diferencia significativa que demuestra que a mayor porcentaje de plumas de pollo aumentan los coliformes, esto debido a que las plumas no contaron con un pretratamiento que eliminara estos patógenos.

Los resultados de la Figura 72 muestran que los tratamientos que cuentan con bacterias queratinolíticas presentan menor cantidad de Coliformes Fecales, Bautista (2005) muestra que los patógenos mueren con el paso de tiempo y aumento de temperatura, apoyando esta postulación Arteaga et ál. (2017) argumenta que *Bacillus Spp.* son microorganismos termófilos ya que tiene una gran capacidad para crecer en condiciones extremas y pueden proliferar a temperaturas superiores a 50 °C, su presencia en los tratamientos T3 y T1 permitieron comprobar que estos tratamientos alcanzaron mayores temperaturas las cuales lograron higienizar las pilas de compostaje, pero ciertos patógenos permanecen durante todo el proceso. Aldana (2015) sostiene que el crecimiento adecuado de coliformes se encuentra entre los 30 – 37 °C y Estos microorganismos se destruyen en el proceso siempre que se mantengan las temperaturas en la fase termófila el tiempo suficiente y todo el material esté expuesto a dichas temperaturas, por lo que es necesario comprobar las condiciones o factores que pueden favorecer su supervivencia. Aunque los cuatro tratamientos cuentan con presencia de Coliformes Fecales, estas presentan una concentración menor al máximo permitido para compost y Sánchez et ál. (2015) menciona que los niveles bajos de Coliformes Fecales pueden ser considerados como un indicador de ausencia de organismos patógenos.

A continuación, en la Figura 74 podemos observar que los 4 tratamientos T1, T2, T3 y T4 cumplen con el requisito del parámetro Coliformes fecales, el cual debe ser menor que 1000

NMP/g según lo establecido por la Norma Técnica Peruana 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola. Requisitos.

Figura 74.
Coliformes fecales de acuerdo a la NTP 201.207.



4.3.6. Evaluación de calidad del compost

De acuerdo a la Tabla 58 podemos notar que el tratamiento T1 es el tratamiento más óptimo debido a que cumple con el mayor número de requisitos que establece la NTP 201.207 FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola.

Tabla 58.
Calidad de compost en comparación con la NTP 201.207.

Parámetro	Unidad	Valor NTP	Resultados de tratamientos			
			T1	T2	T3	T4
pH	-	5 – 8.5	7.93	8.94	8.53	8.65
Humedad	%	15 - 35	44.33	45.33	41.67	41.45
Materia Orgánica	%	≥20	57.47	43.46	50.10	43.25
Nitrógeno total	%	0.3 – 1.5	1.36	0.89	1.06	0.89
Potasio total	%	0.3 – 1.0	1.00	0.99	0.95	0.99
Fósforo total	%	0.1 – 1.0	0.93	0.69	0.96	0.66
Relación C/N	-	10:1 – 25:1	24.83	28.22	27.51	28.08
Conductividad eléctrica	dS/m	< 5 dS/m	1.69	1.35	1.26	1.83
Coliformes fecales	NMP/g	< 1000	199.33	936.67	383.33	133.33
TOTAL			8	6	7	7

El tratamiento de residuos orgánicos (plumas) generados en centros de faenamiento avícola a partir de compostaje optimizado con bacterias queratinolíticas, representa una alternativa

sostenible debido a que contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, contribuyendo al logro de 7 objetivos y 7 metas que se muestran a continuación en la Tabla 59:

Tabla 59.

Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

ODS 2 Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe
ODS 3 Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos a todas las edades en América Latina y el Caribe
ODS 8 Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos en América Latina y el Caribe
OSD 11 Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles en América Latina y el Caribe
ODS 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles en América Latina y el Caribe
ODS 13 Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad en América Latina y el Caribe
ODS 15 Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad en América Latina y el Caribe

Nota. Naciones Unidas (2015)

En la meta 2.4, del ODS 2, porque el compost de plumas ayuda a lograr una agricultura sostenible al reconectar el compost maduro con el suelo, incrementar los recursos naturales, facilitar el manejo agrícola para la siembra y el desarrollo de las plantas.

Esto contribuye a la meta 3.9 del ODS 3, ya que los biofertilizantes reemplazan los químicos peligrosos que se usan a menudo en la agricultura actual, logrando mitigar la contaminación del aire, suelo y agua.

Se apoya la Meta 8.4 del ODS 8, porque la producción de compost de plumas de pollo se considera una nueva tecnología rentable en agricultura y recuperación de suelos, los ODS consideran que las nuevas tecnologías podrían crear empleos de alta calidad y ser consideradas empleos verdes.

Favorece el objetivo 11.6 del ODS 11, porque el aumento de residuos orgánicos, como las plumas de pollo, es directamente proporcional al crecimiento de las ciudades, por lo que la gestión de estos residuos reduce los efectos ambientales negativos sobre el ambiente y la salud de la población.

Se contribuye al cumplimiento de la meta 12.5 del ODS 12, debido a que los residuos del sector extractivo y manufacturero tienen una baja tasa de reciclaje, lo que hace imprescindible un escenario de economía circular. El compostaje de plumas aumenta las tasas de reciclaje, lo que aumenta la demanda de servicios de gestión de residuos para su reutilización u otros fines.

Se contribuye a la meta 13.1 del ODS 13, porque, según el análisis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el estilo de desarrollo actual exagera las crisis ambientales, por lo que es necesario encontrar un equilibrio entre las medidas de mitigación y adaptación. El compost de plumas es un biofertilizante que mitiga los impactos de la agricultura y permite que las poblaciones vulnerables se adapten brindando nuevas oportunidades de trabajo y asegurando su nutrición.

Esto contribuye al logro de la meta 15.3 del ODS 15, porque el desafío agrícola es lograr fertilizantes orgánicos como el compost de plumas con cero pérdidas de suelo a través del uso sostenible de la tierra y prácticas agrícolas sostenibles. Por otro lado, la desertificación, la degradación de suelos y la pérdida de ecosistemas reducen la disponibilidad de agua, y el compost de plumas es una alternativa para restaurar suelos degradados debido a su composición biológica y fisicoquímica.



CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

PRIMERO: El diagnóstico situacional del centro de faenamiento permitió mapear aspectos ambientales, siendo la etapa de desplumado donde se generan en promedio 257.6 kg de plumas de pollo mojadas al día. La disposición de este residuo es tercerizada a un acopiador informal, el cual almacena este residuo en el perímetro de la ciudad de Arequipa generando un foco infeccioso que afecta a la calidad ambiental y a la salud pública.

SEGUNDO: La cepa bacteriana aislada presentó actividad queratinolítica, confirmando que la bacteria es capaz de degradar la queratina, de acuerdo a la identificación microbiológica y bioquímica se pudo determinar que la bacteria pertenece al género *Bacillus Spp.*, bacteria que según su curva de crecimiento alcanza su mayor concentración a las 32 horas.

TERCERO: Se demostró que el Tratamiento T1 presentó los parámetros más óptimos, tratamiento que tuvo mayor proporción de plumas de pollo y aplicación de bacterias queratinolíticas, presentó valores óptimos en pH, Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Potasio Total, Fósforo Total, Relación C/N y Conductividad eléctrica; cumpliendo con el mayor número de requisitos que establece la NTP 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos”, en comparación con los demás tratamientos.

El presente estudio demostró que las plumas pueden degradarse a los 109 días usando la bacteria del género *Bacillus Spp.* para optimizar el proceso. La eficiencia del compost obtenido representa un producto biofertilizante de buena calidad ya que estos valores cumplen con los requisitos de la Norma Técnica Peruana 201.207 “Fertilizantes. Compost para uso agrícola. Requisitos”, confirmando que el compost permite la valorización del residuo, además cumplir con el D.L. 1501 que aprueba la Ley integral de Residuos Sólidos, el D.S. N° 016-2012-AG Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario y el D.S. N° 029-2007-AG Reglamento del sistema sanitario.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar la caracterización de plumas en diferentes fechas del año, ya que la producción de pollos aumenta exponencialmente en fechas festivas, también realizar capacitaciones permanentes al personal de los centros de faenamiento, para asegurar la disposición adecuada de los residuos que se generan evitando el riesgo de salud dentro de las instalaciones.
- Se recomienda realizar aislamiento y determinar la actividad queratinolítica de los microorganismos que aparecen en las pilas de compostaje en la fase mesófila II y realizar pruebas moleculares para poder determinar la especie y el género.
- Se recomienda realizar un análisis de los lixiviados del proceso de compostaje, con la finalidad de evaluar su potencial para el control de plagas y enfermedades o como supresor orgánico, en época seca y época húmeda. Así como innovar con alternativas para mitigar la posible emisión de metano en el proceso de compostaje.
- Se recomienda aplicar la metodología del proceso de compostaje a otros residuos que en composición presenten queratina.
- Se recomienda realizar el compostaje en época húmeda para analizar la influencia de los parámetros meteorológicos durante el proceso de compostaje.
- Se recomienda realizar investigaciones que comparen la calidad del compost de plumas frente a los compost a partir de otros tipos de residuos, aplicándolo a cultivos que necesiten abonos nitrogenados de liberación lenta.
- Se recomienda realizar un análisis de viabilidad del compostaje de plumas, tomando en cuenta el costo - beneficio, para poder asegurar su rentabilidad de la alternativa.
- Se recomienda elaborar un plan de implementación para proponer esta alternativa a los empresarios avícolas, acopiadores de residuos y Municipalidades que presenten empresas avícolas dentro de su jurisdicción.

- Se recomienda realizar investigaciones que permitan comparar tratamientos a diferentes concentraciones de inóculo (células por mililitro) para mejorar la optimización del proceso de compostaje.





CAPÍTULO 6

6. REFERENCIAS

- Alahyaribeik, S., Davood Sharifi, S., Tabandeh, F., Honarbakhsh, S., Ghazanfari, S. (2020). Bioconversion of chicken feather wastes by keratinolytic bacteria. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 171-178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.014>
- Alonso, J. (2011). *Cómo hacer compost. Guía para amantes de la jardinería y el medio ambiente*. Editorial Paraninfo. <https://jralonso.es/2011/06/25/como-hacer-compost/>
- Álvarez, E. J. (2021). El procesamiento y los beneficios del manejo de residuos orgánicos en la distribuidora avícola Onasa, Lima 2021. [tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Institucional USMP. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/10569/alvarez_aej.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alzamora, L., Mendoza, E., Monteza, T., Pastor, V., & Rosales, Q. (2018). *Diseño del proceso productivo de harina a base de plumas de pollo en la empresa distribuidora avícola el galpón E.I.R.L.* [tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3616/PYT_Informe_Final_Proyecto_Harina_de_plumas_de_pollo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arizaga, R., & Balladares, J. (2021). Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón La Troncal. *Sathiri: Sembrador* (16)1, 144-154. <https://doi.org/10.32645/13906925.1046>
- Arteaga, F., López, M., Laurencio, M., Rondón, A., Milián, G., Barrios, V., Bocourt, R. (2017). Selección e identificación de aislados de *Bacillus* spp. del tracto digestivo de pollos de traspatio con potencial probiótico. *Pastos y Forrajes*, 40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000100008
- Arthanari, M., Dhanapalan, S. (2019). Quantification of β -carotene, lycopene, and chlorophyll content in tomato fruits of enrichment of chicken feathers composting. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 473-477. doi:10.1007/s40093-019-0258-6
- Asses, N., Farhat, W., Hamdi, M., & Bouallagui, H. (2019). Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: Microbial removal and agricultural

- biofertilizer application. *Process Safety and Environmental Protection*, 124, 128-136. doi: 10.1016/j.psep.2019.02.004
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2000). Importancias del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 1-11. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Barriga, A. F. (comunicación personal, de 05 de enero de 2021).
- Bautista, L. F. (2005). *Identificación de impactos ambientales del proceso de compostaje de materiales orgánicos del sector floricultor*. [tesis de grado, Universidad de los Andes Colombia]. Repositorio Institucional Uniandes <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/22499/u270667.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Becerra, M. A., Llosa, G. F., Paico, J. M. (2015). *Planeamiento Estratégico del Sector Avícola Cárnico en el Perú*. [tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7578/BECERRA_LLOSA_PLANEAMIENTO_AVICOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Benítez, R., Rosero, B., Martín, J. (2014). Evaluación de dos materias primas como fuente de proteína: pluma de pollo (*Gallus gallus*) y pezuña de vaca (*Bos primigenius taurus*). *Ingenium*, 8(22), 21-26. <https://www.researchgate.net/publication/308093094>
- Botero, M., Arbeláez, O., Mendoza, J. (2007). Método ANOVA utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición. *Scientia et Technic*. 37, 533-537. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4181/2141>
- Bueno, P., Díaz, M., Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Ciencias Agrarias*, 93-109. <https://digital.csic.es/handle/10261/20837#:~:text=Entre%20los%20par%20metros%20de%20seguimiento,materia%20org%C3%A1nica%20y%20conductividad%20el%C3%A9ctrica.>
- Cabrera, V. C. & Rossi, M. G. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*. [tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional La Molina

- <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4921/guzman-anaya-jose-miguel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. *Revista Idesia*, 27(3), 59-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300009>
- Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R. & Melis, P. (2005). Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Management*. 25, 209-213. DOI 10.1016/j.wasman.2004.12.011
- Cavello, I. A. (2013). *Queratinasas microbianas: microorganismos, producción y caracterización*. [tesis de grado, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio Institucional UNLP <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/32430>
- CEPAL (2022, 05 de agosto). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Chacón, A. C. (2016). *Estudio de factibilidad para optimizar la producción de harina de plumas hidrolizada de pollo en la Empresa Procinsur SRL*. [tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSP https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/14875/1/CHACON_MASCO_AN_G_EST.pdf
- Choinska, A., Laba, W., Rodziewicz, A. (2019). Enhancement of pig bristles waste bioconversion by inoculum of keratinolytic bacteria during composting. *Waste Management*, 84, 269-276. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.052>
- Congreso de la República de Perú. (2005). *Ley 28611, Ley General del Ambiente*. Diario Oficial el Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Congreso de la Republica de Perú. (2007). D.S. 029-2007-AG *Reglamento del Sistema Sanitario Avícola*. Diario Oficial el Peruano. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/11/0150.pdf>
- Congreso de la República de Perú. (2012). D.S. N° 016-2012-AG Reglamento de manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario. Diario Oficial el Peruano. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-manejo-residuos-solidos-sector-agrario>
- Congreso de la República de Perú. (2017). Decreto Legislativo N° 1278. *D.L. que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Diario Oficial el Peruano.

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

Congreso de la República de Perú. (2020). *Decreto legislativo N° 1501 que modifica el decreto legislativo N° 1278, que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos.* Diario Oficial el Peruano.

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-modifica-el-decreto-legislativo-n-1-decreto-legislativo-n-1501-1866220-2/>

Constitución Política del Perú. (1993). Diario Oficial del Bicentenario el Peruano. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/198518/Constitucion Política del Peru 1993.pdf?v=1594239946](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/198518/Constitucion%20Politica%20del%20Peru%201993.pdf?v=1594239946)

Cun, J., Alvarez, D. (2017). Estudio de impacto ambiental de un camal municipal urbano en la provincia de el oro, Ecuador. *Conference Proceeding, 1(1)*. <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/135>

De Carvalho, L. M., Madruga, M. S., Estévez, M., Badaró, A. T., Barbin, D. F. (2020). Occurrence of wooden breast and white striping in Brazilian slaughtering plants and use of near-infrared spectroscopy and multivariate analysis to identify affected chicken breasts. *Journal of Food Science, 85(10)*, 3102-3112. doi:10.1111/1750-3841.15465

Delgado Arroyo, M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., Martín Sanchez, J. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(4)*, 965-977. doi:10.20937/RICA.2019.35.04.15

Dirección de Estadística Agraria. (2019). Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización de Productos Avícolas. Boletín, Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI, Lima. <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-comercializacion-avicola-nov19-10012020.pdf>

ECOBUSINESS. (2021). Guía para el faenamamiento de aves. Consultado el 16 de diciembre del2022.

[https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia para el faenamamiento de aves con resumen.pdf](https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_el_faenamamiento_de_aves_con_resumen.pdf).

Faddin, J. (2003). *Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica.* 385-387. Editorial Médica Panamericana. Obtenido de

- <https://books.google.com.pe/books?id=FYWSzy7EjR0C&pg=PA385&dq=hidroli sis+de+almidon&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwipwqOdv tjuAhWvwVkKHaa4B24Q6AEwBnoECAQQA g#v=onepage&q=hidrolisis%20de%20almidon&f=false>
- FAO. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved Enero 22, 2020, from <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Fernández, A. S., Betancourt, A. R. (2018). Destino sostenible de los residuos generados en las plantas de beneficio avícola. *AIBI Revista de Investigación Administración e Ingenierías*, 6(1). doi:10.15649/2346030X.473
- Fernández, A., García, C., Saéz, J. A., Valdezate, S. (2010). *Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología*. <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia37.pdf>
- Fideicomisos instituidos en relación a la agricultura FIRA. (2019). *Panorama agroalimentario*. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. <https://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/29173801/Panorama-Agroalimentario-Carne-de-pollo-2019.pdf>
- Filipello Marchisio, V., Fusconi, A., Querio, F. (2000). Scopulariopsis brevicaulis: a keratinophilic or a keratinolytic fungus? *Mycoses*, 43, 7-8. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1439-0507.2000.00580.x>
- Florida, N. R. (2019). Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 225-237. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.480>
- Florida, N. R., Reátegui, F. & Pocomucha, V. (2016). Caracterización del compost a base de plumas de pollo (*Gallus gallus domesticus*) y otros insumos. *Investigación y Amazonía*. 6,
- Florida, R. N., & Reategui, F. (2019). Compost based on feathers of chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Livestock Research for Rural Development*, 31. <https://www.researchgate.net/publication/332033448>
- García J., Castillo A., Ramírez M., Rendón G., Larqué M. (2001). *Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias*. *Agrociencia*, 76-89, 35-1. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30235107.pdf>

- Gauvry, E., Mathot, A. G., Couvert, O., Leguériel, I. & Coroller, L. (2021). Effects of temperature, pH and water activity on the growth and the sporulation abilities of *Bacillus subtilis* BSB1. *International Journal of Food Microbiology*. 337. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108915>
- Gordillo, F., Chávez, E. (2010). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. Guayaquil, Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/9112>
- Guerrero, J., Monsalve J. (2007). Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *Scientia et Technica*, 1(34), 595-600. <https://doi.org/10.22517/23447214.5715>
- Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (2015). *Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales*. Instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático. <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/981949/PLE-GU-01+Guía+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c#:~:text=Para%20identificar%20y%20comprender%20los,de%20transporte%20y%20factores%20humanos.>
- Guillen, L. A. (2017). *Plan de Manejo Ambiental para Empresas Productoras de Harina de Plumas de Gallus Gallus domesticus "pollo", Sector San Dionicio - Distrito de Santa, Ancash, 2015*. [tesis de maestría, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2911/46294.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V., Troy, D. (2014). Meat consumption: Trends and quality matters Maeve. *Meat Science journal*, 98, 561–568. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.007>
- Hernández, L. E. (2020). *Estrategia biotecnológica para la biodegradación de la pluma de pollo con bacterias productoras de enzimas queratinasas* [tesis de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional UAP <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/10017>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista P. (1997). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.

- https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- Hinostroza, C. L. (2018). *Anuario Estadístico de Producción Pecuaria y Avícola 2018*. Ministerio Nacional de Agricultura, Lima.
- <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/124/109>
- INIA. (2008). *Preparación y uso del compost*. Lima: Ministerio de Agricultura. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/117/1/uso_compost_Lima_2008.pdf
- Instituto Nacional de Calidad. (2020). *Norma Técnica Peruana 201.207. "Fertilizantes: Compost para uso agrícola. Requisitos"*. Dirección de Normalización INACAL.
- INTAGRI (2016). *Importancia de la Radiación Solar en la Producción Bajo Invernadero*. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>
- Ju, S., Cao, Z., Wong, C., Liu, Y., Foda, M., Zhang, Z.& Li, J. (2019). Isolation and Optimal Fermentation Condition of the *Bacillus subtilis* Subsp. natto Strain WTC016 for Nattokinase Production. *Fermentation*. 5. DOI 10.3390/fermentation5040092
- Kornilowicz-Kowalska, T., Bohacz, J. (2010). Dynamics of growth and succession of bacterial and fungal communities during composting of feather waste. *Bioresource Technology*, 101(4), 1268-1276. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.053>
- Kowata, K., Nakaoka, M., Nishio, K., Fukao, A., Ogoshi, M., Takahashi, S., Takeuchi, S. (2012). Identification of a feather β -keratin gene exclusively expressed in pennaceous barbule cells of contour feathers in chicken. *Gene*, 542(1), 23-28. doi:[10.1016/j.gene.2014.03.027](https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.03.027)
- Kumar, D., Verma, R., Kumar, H., Bhardwaj, K. (2020). Detection of Bacterial Pathogens and Antibiotic Residues in Chicken Meat : A Review. 9, 1-35. doi:[10.3390/foods9101504](https://doi.org/10.3390/foods9101504)
- Leandro, S. D., & Paz, R. R. (2022). *Influencia de la adición de plumas de pollo sobre las propiedades mecánicas de adobes en Huancachupa - Cayran- Huánuco - 2021*. [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90825>
- León, N. I., Castellanos, M. E., Curra, D., Cruz, M., & Rodríguez, M., (2019). Investigación en la Universidad de Holguín: compromiso con la Agenda 2030 para

- el desarrollo sostenible. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1).
<https://doi.org/10.15517/aie.v19i1.35699>
- Lin, X., Lee, C.-G., Casale, E., & Shih, J. (1992). Purification and Characterization of a Keratinase from a Feather-Degrading *Bacillus licheniformis* Strain. *Applied and environmental Microbiology*, 10(58), 3271-3275.
<https://aem.asm.org/content/58/10/3271.short>
- López, A. M., & Samaniego, J. M. (2016). Evaluación de la viabilidad y caracterización bacteriana anaeróbica estricta de la flora intestinal humana para ensayo in-vitro. [tesis de grado, Universidad de Cuenca de Ecuador]. Repositorio Institucional UC
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29633/1/tesis..pdf>
- López, J. M. (2020). *Degradación de plumas de ave mediante la aplicación de aislados de Bacillus licheniformis procedentes de pilas de compostaje de restos vegetales*. [tesis de grado, Universidad de Almería]. Repositorio Institucional UA
<http://repositorio.ual.es/handle/10835/9885>
- Macanás, J., Carrillo, F., Colom, X., Cañavate, J., Molins, G., Álvarez, M., Garrido, N. (2012). Use of the chicken feathers waste for the fabrication of composite materials.
<http://www.escm.eu.org/eccm15/data/assets/1657.pdf>
- Malajovich, M. A. (2017). Medio de Agar - Leche Descremada. Obtenido de www.bteduc.bio.br
- Marquéz, P., Díaz Blanco, M. J., & Cabrera Capitán, F. (s.f.). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Universidad de Huelva. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Matheus Labastidas, J., Caracas, J., Montilla, F., & Fernández, O. (2007). Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). *Agricultura Andina*, 13, 27-38.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/agricultura-andina/articulo/eficiencia-agronomica-relativa-de-tres-abonos-organicos-vermicompost-compost-y-gallinaza-en-plantas-de-maiz-zea-mays-l>
- Mendoza Juárez, M. A. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. [tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UP
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1728/ING_515.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- MIDAGRI. (2018). *Realidad y problemática del Sector Pecuario*.
<https://www.minagri.gob.pe/portal/38-sector-agrario/pecuaria/290-situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion>
- Mikros Testak (2021). Recursos de Microbiología. <http://www.testak.org/microbiologia/>
- MINAM. (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del Plan de Manejo de Residuos Sólidos. Guía, Ministerio del Ambiente, Lima - Perú*.
<http://sial.segat.gob.pe/documentos/guia-metodologica-desarrollo-plan-manejo-residuos-solidos>
- MINAM. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*.
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
- Mitsuiki, S., Ichikawa, M., Oka, T., Sakai, M., Moriyama, Y., Sameshima, Y., Furukawa, K. (2004). Molecular characterization of a keratinolytic enzyme from an alkaliphilic *Nocardiosis* sp. TOA-1. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(5), 482-489. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2003.12.011>
- Monleón, T. (2016). *Novedades en el ANOVA Diseño de experimentos, su análisis y diagnóstico*. Technical Report.
<https://www.researchgate.net/publication/304283596>
- Monsalve, O., Gutiérrez, J., Cardona, W. (2017). Factors involved in the process of nitrogen mineralization when organic amendments are added to a soil. A review. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 11(1), 200-209.
<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5663>
- Montero, M. O. (2022). *Influencia del estiércol de ganado vacuno en las propiedades fisicoquímicas y metales pesados del compost doméstico, distrito de campo verde, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali*. [tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5400/B5_2022_UNU_AMBIENTAL_2022_T_MIGUEL_MONTERO.pdf?sequence=1
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Mundi - Prensa Libros.
<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484763468/compostaje>
- Morisaki, N., Nakasaki, K., Shoda, M., & Kubota, H. (1989). Nitrogen transformation during thermophilic composting. *J. Ferment. Bioeng.*, 67(1), 57-61. doi: 10.1016/0922-338X(89)90087-1

- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2017). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos 2017 - 2028. *PIGARS*. Obtenido de <https://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/gestionmanejoresiduos/PIGARS%202017-2028/PIGARS%20final%202022%20de%20Diciembre.pdf>
- Nagarajan, S., Eswaran, P., Masilamani, R. P. & Natarajan H. (2018). Chicken Feather Compost to Promote the Plant Growth Activity by Using Keratinolytic Bacteria. *Waste Biomass Valor*, 9, 531-538. DOI 10.1007/s12649-017-0004-0
- Navarro P., Ottone N., Acevedo C., Cantín M. (2017). *Pruebas estadísticas utilizadas en revistas odontológicas de la red SciELO*. Avances de odontoestomatología, 33-1. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000100004
- Navarro, I. M. (2018). *Determinación de la calidad de compost combinando microorganismos eficientes y residuos avícolas generados en el mercado central virgen de Fátima, Huaraz - 2017*. [tesis de grado, Universidad Santiago Antúñez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2351>
- Negro, M.; Villa, F.; Aibar, J.; Aracón, R.; Ciria, P.; Cristóbal, M.; Benito, A.; García Martín, A.; Garcia Muriedas, G.; Labrador, C.; Lacasta Dutoit, C.; Lezaún, J.; Meco, R.; Pardo, G.; Solano, M.; Torner, C.; Zaragoza, C. (2021). Producción y gestión del compost. *Compost CIEMAT*. <http://hdl.handle.net/10261/16792>
- Obando, O. R. & Suárez, Y. G. (2015). Obtención de cepas autóctonas de *Bacillus* spp. y su evaluación probiótica in vitro [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3213/>
- Onwosi, C., Igbokwe, V., Odimba, J., Eke, I., Nwankwoala, M., Iroh, I., Ezeogu, L. (2017). Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. *Journal of Environmental Management*, 190, 140-157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
- Orjuela, P., Lanari, M., Zaritzky, N. (2015). *Desarrollo de productos a base de queratina a partir de residuos de la industria avícola*. [tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio Institucional UNLP http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47852/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortega E., Quintero G., & Huertas W. (2017). Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. *UGCiencia*, 1(23), 82-88. doi:10.18634/ugcj.23v.0i.767

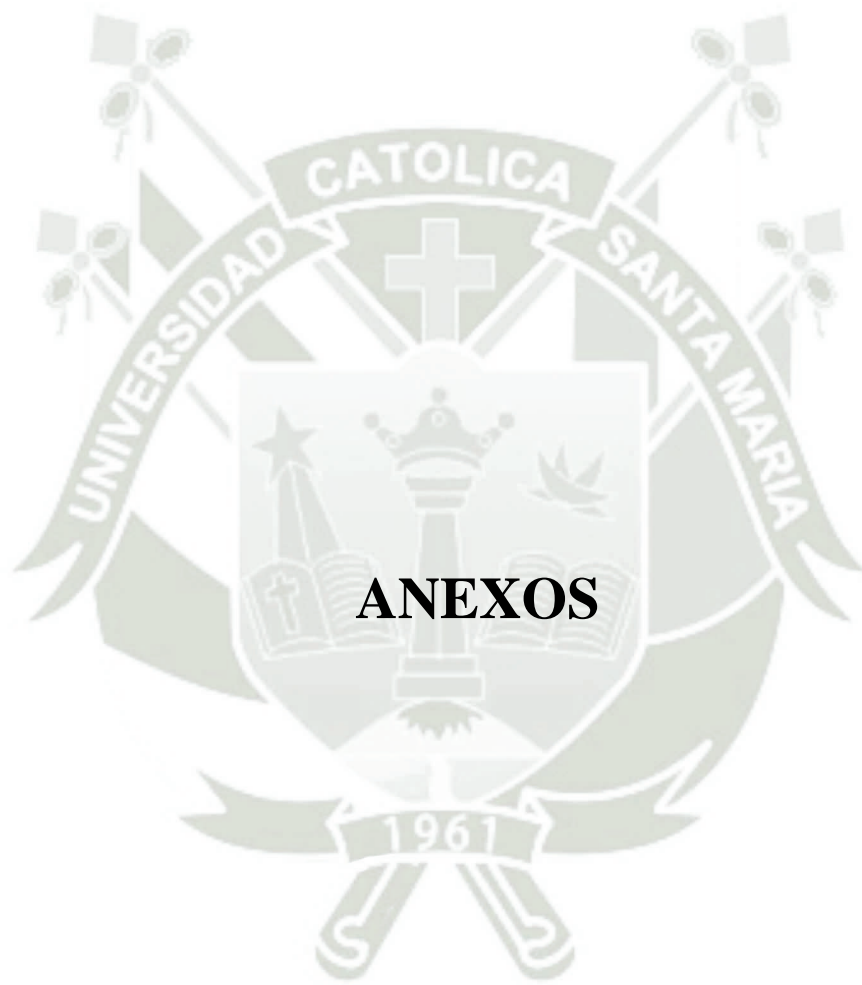
- Pantoja, J. P. (2020). Estrategias para aprovechamiento de residuos sólidos “plumas de pollo” en la parroquia Los Ángeles cantón Ventanas [tesis de maestría, Universidad Tecnológica empresarial de Guayaquil]. Repositorio Institucional UTEG. <http://181.39.139.68:8080/bitstream/handle/123456789/1124/Estrategias%20para%20aprovechamiento%20de%20residuos%20s%20s%20c%20b%20lidos%20%e%20%80%9cplumas%20de%20pollo%e%20%80%9d%20en%20la%20parroquia%20Los%20%20c%208%20ngeles%20cant%20%20c%20b%20n%20Ventanas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Picado, M. C. (2016). *Escalamiento del proceso de obtención de queratina a partir de plumas de pollo por el método sulfuro de sodio*. [tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua]. Repositorio Centroamericano SIIDCA-CSUCA <https://core.ac.uk/download/pdf/250145677.pdf>
- Pillai, P., Archana, G. (2008). Hide depilation and feather disintegration studies with keratinolytic serine protease from a novel *Bacillus subtilis* isolate. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 78, 643 - 650. doi:<https://doi.org/10.1007/s00253-008-1355-z>
- Polo, K. (2015). Formulación para un plan integral de residuos sólidos para la avícola Villa Mabe ubicado en el Vino - Cundimarca. [tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional Unimilitar <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12097>
- Porras, S. A. (2011). *Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa*. [tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional UCHILE https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-porras_sh/pdfAmont/cf-porras_sh.pdf
- Prado, X. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje*. [tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional La Molina <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2823>
- Pruzzo, J. L., De Batista, M., Marchetti, D. F., Duran, R. D. (2019). *Análisis de la cadena de valor en la industria avícola: Establecimiento del sur de Santa Fe*. Universidad Nacional de Rosario, Rosario. doi:ISSN 1668-5008
- Rajesh, T., Rajasekar, S., Mathan, R. K. H., Anandaraj, B. (2016). Isolation and identification of feather degrading bacteria from feather-dumped soil. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 15(3), 293-299. doi:10.1504/IJESD.2016.077393

- Ramnani, P., & Gupta, R. (2007). Queratinasas frente a proteasas convencionales y degradación de las plumas. *Revista mundial de microbiología y biotecnología*, 23, 1537 - 1540. doi:<https://doi.org/10.1007/s11274-007-9398-3>
- Rey, P. C. (2018). *Evaluación de diferentes cepas queratinolíticas en la hidrólisis de plumas de pollos*. [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77074/1024530310.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Roben, E. (2002). *Manual de compostaje para municipios*. DED/Ilustre Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador. <http://www.web-resol.org/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- Rodas-Beatriz, A., Quero-Bautista, M., Magaña-Sevilla, H. F. & Reyes-Ramírez, A. (2015). Selección de cepas nativas con actividad Quitino-Proteolítica de *Bacillus* sp. aisladas de suelos tropicales. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 9(1), 107-113. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77612900011>
- Rodríguez, G., Bonomie, M., Meleán, R. (2008). Procesos productivos de la industria avícola zuliana: Fases de alimento, engorde y beneficio. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(1). Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000100009
- Rodríguez, P., Arenas, R. (2018). Hans Christian Gram y su tinción. *Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica*, 16(2). <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2018/dcm182n.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Ruiz, B. (2020, 11 de diciembre). *Brasil, optimista con el presente y futuro de la avicultura*. Industria Avícola. <https://www.industriaavicola.net/mercados-y-negocios/brasil-optimista-con-el-presente-y-futuro-de-la-avicultura/>
- Rynk, R., Van de Kamp, M., Willson, G., Singley, M., Richard, T., Kolega, J., Brinton, W. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Northeast National Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York. <https://campus.extension.org/pluginfile.php/48384/course/section/7167/NRAES%20FarmCompost%20manual%201992.pdf>

- Sánchez, D. A. (2014). *Estudio de características físico-químicas y grupos de microorganismos durante el proceso de compostaje con y sin adición de roca fosfórica*. [tesis de doctorado, Universidad de Caldas]. Repositorio Institucional <https://doctoradoagrarias.files.wordpress.com/2016/04/diego-andre3a9s.pdf>
- Sánchez, D., Zentella, H., Fraire, A. (2015). Cuantificación de Coliformes totales en pilas de compostaje de alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. *Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco*, 59-65. https://www.ecorfan.org/actas/educacion_ambiental_II/ACTA-Educacion-Ambiental-desde-la-Innovacion-Tomo-2-59-65.pdf
- Sánchez, J., Azero, A., Escobar, F. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Revista Acta Nova*, 5(3). 390-410. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892012000100004&lng=es&tlng=es.
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M. (2009). Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Cunningham: II. Influencia de los factores climáticos. *Pastos y Forrajes*, 32(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000400008&lng=es&tlng=es.
- SEDAPAR. (2017). Plumas y vísceras de animales ocasionan atoro en buzón de variante de Uchumayo. *Nota de prensa 005*. Arequipa, Perú. <https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2017/05/NP-005-2017-PLUMAS-Y-VISCERAS-DE-ANIMALES-OCASIONAN-ATORO-EN-BUZ%C3%93N-DE-UCHUMAYO-18-01-16.pdf>
- Shah, M., Gupta, A., & Vaiya, R. (2018). Production of High Quality Compost from Feather Waste: A novel Cost Effective and Sustainable Approach for Feather Waste Management and Organic Soil Management. (S. Springer, Ed.) 533-542. doi:10.1007/978-981-10-7290-1_45
- Sistema Integrado de Estadística Agraria. (2022). Boletín estadístico mensual de producción y comercialización de productos avícolas. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/mensual/Avicola/2022/avicola_07_2022.pdf
- Sobucki, L., Ferraz Ramos, R., Gubiani, E., Brunetto, G., Rodrigo Kaiser, D., & Joner Daroit, D. (2019). Feather hydrolysate as a promising nitrogen-rich fertilizer for

- greenhouse lettuce cultivation. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 438 - 499. doi:<https://doi.org/10.1007/s40093-019-0281-7>
- Sunada, N., Orrico, A., Orrico Junior, M., Centurion, R., Oliveira, A., Fernandes, A., Seno, L. (2015). Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola Composting of solid waste from poultry slaughterhouse. *Ciencia Rural*, 45(1), 178-183. doi:10.1590/0103-8478cr20120261
- Suntornsuk, W., Suntornsuk, L. (2003). Feather degradation by *Bacillus* sp. FK 46 in submerged cultivation. *Bioresource Technology*, 86(3), 239-243. doi:[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00177-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00177-3)
- Tamreihao, K., Mukherjee, S., Khunjamayum, R., Jaya Devi, L., Singh Asem, R., & Ninthoujam, D. (2018). Feather degradation by keratinolytic bacteria and biofertilizing. *Journal of Basic Microbiology*. doi:DOI: 10.1002/jobm.201800434
- Tesfaye, T., Sithole, B., Ramjugernath, D. (2018). Valorisation of waste chicken feathers: Optimisation of decontamination and pre-treatment with bleaching agents using response surface methodology. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 8, 21-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.02.003>
- Tiquia, S.M., Tam, N. F. Y. (1999). Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environmental Pollution*, 110, 535-541. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00319-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00319-X)
- Toapanta, A. D. (2018). *Estudio de factibilidad para la creación de una granja avícola de crianza y faenamiento de pollo en la parroquia Gonzalez Suarez - Comunidad Pijal*. [tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra Ecuador]. Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8157/1/04%20IND%20116%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Tortosa, G. (2013). Factores que influyen en el proceso de compostaje. *Compostando Ciencia Blog*. <http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>
- Tortosa, G. (2016). *Compostando Ciencia Lab*. Recuperado el Enero de 2021, de <http://www.compostandociencia.com/2016/01/materiales-para-compostar-las-plumas/>
- Tovar, F. (2013). *Determinación de las curvas de temperatura de mezclas de restos de poda de jardinería pública y estiércol de vaca para su compostaje*. [tesis de grado,

- Universidad Miguel Hernández de Elche]. Repositorio Institucional <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2050/1/TFM%20Tovar%20Mart%C3%ADnez%2C%20Francisca.pdf>
- Vaverková, M. D., Adamcová, D., Winkler, J., Koda, E., Petzelová, L., Maxianová, A. (2020). Alternative method of composting on a reclaimed municipal waste landfill in accordance with the circular economy: Benefits and risks. *Science of The Total Environment*, 723, 137971. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137971>
- Vázquez, J. & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Villegas, D. (2010). *Propuesta Socio-Ambiental para el Compostaje de los Residuos Sólidos Orgánicos en la Comunidad de Tortuguero*. [tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Institucional TEC <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6308/propuesta-compostaje-residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Williams, C. M. (2013). *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*. North Carolina State University, Department of Poultry Science, Raleigh. https://nanopdf.com/download/caracteristicas-de-la-gallinaza-de-las-aves-de-corral_pdf
- Xie, X., Guo, X., Zhou, L., Yao, O., & Zhu, H. (2017). Study of Biochemical and Microbiological Properties During Cocomposting of Spent Mushroom Substrates and Chicken Feather. *Waste Biomass Valor*, 10, 23-32. DOI 10.1007/s12649-017-0035-6



a) Estimación de peso de plumas, vísceras y sangre de pollo vivo

Estimación de peso de pollo vivo, plumas, vísceras y sangre

N° de pollo	Peso pollo vivo (kg)	Peso pollo faenado (kg)	Peso vísceras y sangre (kg)	Peso plumas (kg)
Pollo N° 1	3.025	2.720	0.130	0.175
Pollo N° 2	2.390	2.130	0.115	0.145
Pollo N° 3	2.650	2.374	0.124	0.152



b) Informes de Laboratorio I+D para el cálculo de material de partida

 <p>Laboratorio i+D Análisis Biológicos, Veterinarios y Agrícolas Majes - Arequipa</p>	<p>INFORME DE ENSAYO 0790 – 2021</p> <p>Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti Institución UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA R.U.C. : 20141637941 Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa Ensayo : Análisis en Material Orgánico Estiércol Bovino Fecha : jueves, 29 de abril de 2021</p>
	<p>PRODUCTO DECLARADO : Material Orgánico Sólido – Estiércol Bovino</p> <p>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Estiércol Bovino</p> <p>CODIFICACIÓN/MARCA : Estiércol Bovino</p> <p>PROCEDENCIA : Arequipa – Arequipa – Arequipa</p> <p>CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 1 muestra de 500 g aproximadamente</p> <p>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsa ziplock</p> <p>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No corresponde</p> <p>REGISTRO DE MUESTREO N° : No corresponde</p> <p>FECHA Y HORA DEL MUESTREO : No especificada</p> <p>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)</p> <p>PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica</p> <p>FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de abril de 2021</p>
<p>CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 	
<p>LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250 Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com</p>	



INFORME DE ENSAYO 0790 – 2021

Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti
 Institución : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 R.U.C. : 20141637941
 Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa
 Ensayo : Análisis en Material Orgánico – Estiércol Bovino
 Fecha : jueves, 29 de abril de 2021

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO ESTIÉRCOL BOVINO
pH	-	9.01
Conductividad. Eléctrica	mS/cm	9.63
Humedad	%	9.64
Nitrógeno	%	1.23
Materia Orgánica	%	70.29
Carbono Orgánico	%	45.77
Relación: C/N	-	37.21

ABREVIATURAS:

- mS/cm: miliSiemens por centímetro \approx dS/m: deciSiemens por metro \approx mmho/cm
- %: partes por ciento

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:


pH : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Conductividad. Eléctrica : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Humedad : Gravimétrico
 Nitrógeno : Kjeldahl
 Materia Orgánica : Método Walkley and Black
 Carbono Orgánico C : Cálculo M.O./1.724
 Relación: C/N : Por cálculo

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 27 – 29 / 04 / 2021

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 29 / 04 / 2021


 BLGO. ABRAHAM MOISÉS CALAPUJA CÁRDENAS
 GERENTE GENERAL CBP 9791
 LABORATORIO I + D E.I.R.L. 

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
 Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
 Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com



INFORME DE ENSAYO 0792 – 2021

Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti
Institución UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
R.U.C. : 20141637941
Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa
Ensayo : Análisis en Material Orgánico - Plumas
Fecha : jueves, 29 de abril de 2021

PRODUCTO DECLARADO	: Material Orgánico Sólido – Plumas
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Plumas
CODIFICACIÓN/MARCA	: Plumas
PROCEDENCIA	: Arequipa – Arequipa – Arequipa
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 1 muestra de 30 g aproximadamente
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa ziplock
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: No corresponde
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No corresponde
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 27 de abril de 2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com



INFORME DE ENSAYO 0792 – 2021

Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti
 Institución : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 R.U.C. : 20141637941
 Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa
 Ensayo : Análisis en Material Orgánico – Plumas
 Fecha : jueves, 29 de abril de 2021

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO PLUMAS
pH	-	8.24
Conductividad. Eléctrica	mS/cm	2.71
Humedad	%	10.3
Nitrógeno	%	9.80
Materia Orgánica	%	92.63
Carbono Orgánico	%	53.73
Relación: C/N	-	5.48

ABREVIATURAS:

- mS/cm: miliSiemens por centímetro ≈ dS/m: deciSiemens por metro ≈ mmho/cm
- %: partes por ciento

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:



pH : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Conductividad. Eléctrica : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Humedad : Gravimétrico
 Nitrógeno : Kjeldahl
 Materia Orgánica : Método Walkley and Black
 Carbono Orgánico C : Cálculo M.O./1.724
 Relación: C/N : Por cálculo

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 27 – 29 / 04 / 2021

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 29 / 04 / 2021


 BLGO. ABRAHAM MOISÉS CALAPUJA CÁRDENAS
 GERENTE GENERAL CBP 9791
 LABORATORIO I + D E.I.R.L. 

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250

Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com



INFORME DE ENSAYO 0791 – 2021

Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti
Institución UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
R.U.C. : 20141637941
Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa
Ensayo : Análisis en Material Orgánico R. de Poda
Fecha : jueves, 29 de abril de 2021

PRODUCTO DECLARADO	: Material Orgánico Sólido – Residuo de Poda
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Residuo de Poda
CODIFICACIÓN/MARCA	: Residuo de Poda
PROCEDENCIA	: Arequipa – Arequipa – Arequipa
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 1 muestra de 200 g aproximadamente
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa ziplock
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: No corresponde
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No corresponde
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 27 de abril de 2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com



INFORME DE ENSAYO 0791 – 2021

Cliente : Yamilet Vargas Gutierrez – Vanesa Cuti Cuti
 Institución : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 R.U.C. : 20141637941
 Dirección : Arequipa – Arequipa – Arequipa
 Ensayo : Análisis en Material Orgánico – R. de Poda
 Fecha : jueves, 29 de abril de 2021

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO RESIDUO DE PODA
pH	-	8.24
Conductividad. Eléctrica	mS/cm	5.37
Humedad	%	32.4
Nitrógeno	%	0.5
Materia Orgánica	%	48.44
Carbono Orgánico	%	50.10
Relación: C/N	-	100.2

ABREVIATURAS:

- mS/cm: miliSiemens por centímetro \approx dS/m: deciSiemens por metro \approx mmho/cm
- %: partes por ciento

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:


pH : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Conductividad. Eléctrica : Electrométrico (Dilución 1:5)
 Humedad : Gravimétrico
 Nitrógeno : Kjeldahl
 Materia Orgánica : Método Walkley and Black
 Carbono Orgánico C : Cálculo M.O./1.724
 Relación: C/N : Por cálculo

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 27 – 29 / 04 / 2021

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 29 / 04 / 2021


 BLGO. ABRAHAM MOISÉS CALAPUJA CÁRDENAS
 GERENTE GENERAL CBP 9791
 LABORATORIO I + D E.I.R.L. 

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
 Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
 Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com

c) Cálculo de proporción de la materia

Calculate C/N Ratio For Three Materials

This calculation solves for the carbon to nitrogen ratio of up to three materials. Enter the mass of each material (wet weight), percentage of carbon, percentage of nitrogen, and percentage of moisture, then click on the calculate button. If you have less than three materials be sure to enter zeroes in the fields for the missing materials.

Note - Use whole numbers

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Estiércol	9.64	180	45.77	1.23	
Poda	32.4	225	50.1	0.5	
Plumas	10.3	23.25	53.73	9.8	
				Result:	33.68480594092

Calculate Reset

Here's the Formula:

Given overall moisture percentage goal of (g)

Ingredient	%H2O	Weight	%Carbon	%Nitrogen	C/N Ratio
1	M ₁	Q ₁	C ₁	N ₁	
2	M ₂	Q ₂	C ₂	N ₂	
3	M ₃	Q ₃	C ₃	N ₃	
					R

$$R = \frac{Q_1(C_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(C_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(C_3 \times (100 - M_3)) + \dots}{Q_1(N_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(N_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(N_3 \times (100 - M_3)) + \dots}$$

in which:

R = C/N ratio

Q_n = mass of material n ("as is", or "wet weight")

C_n = carbon (%)

N_n = nitrogen (%)

M_n = moisture content (%) of material n

[Cornell Waste Management Institute](#) © 1996

[Dept of Crop and Soil Sciences](#)

Bradfield, Cornell University

Ithaca, NY 14853

607-255-1187

cwmi@cornell.edu

Calculate C/N Ratio For Three Materials

This calculation solves for the carbon to nitrogen ratio of up to three materials. Enter the mass of each material (wet weight), percentage of carbon, percentage of nitrogen, and percentage of moisture, then click on the calculate button. If you have less than three materials be sure to enter zeroes in the fields for the missing materials.

Note - Use whole numbers

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Estiércol	9.64	180	45.77	1.23	
Poda	32.4	225	50.1	0.5	
Plumas	10.3	46.5	53.73	9.8	
				Result:	25.26861395756

Calculate Reset

Here's the Formula:

Given overall moisture percentage goal of (g)

Ingredient	%H2O	Weight	%Carbon	%Nitrogen	C/N Ratio
1	M ₁	Q ₁	C ₁	N ₁	
2	M ₂	Q ₂	C ₂	N ₂	
3	M ₃	Q ₃	C ₃	N ₃	
					R

$$R = \frac{Q_1(C_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(C_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(C_3 \times (100 - M_3)) + \dots}{Q_1(N_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(N_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(N_3 \times (100 - M_3)) + \dots}$$

in which:

R = C/N ratio

Q_n = mass of material n ("as is", or "wet weight")

C_n = carbon (%)

N_n = nitrogen (%)

M_n = moisture content (%) of material n

[Cornell Waste Management Institute](#) © 1996

[Dept of Crop and Soil Sciences](#)

Bradfield, Cornell University

Ithaca, NY 14853

607-255-1187

cwmi@cornell.edu

d) Determinación del porcentaje de plumas de pollos secas

Con los datos recopilados se determinó el porcentaje de plumas en comparación con el peso total, para ello se realiza una regla de tres simples.

Pollo N° 1:

Determinamos el porcentaje de peso del pollo luego de ser faenado

3.025 kg _____ 100%

2.720 kg _____ X

X= 89.92 %

Determinamos el porcentaje del peso de plumas de pollo

3.025 kg _____ 100%

0.175 kg _____ X

X= 5.79 %

Pollo N° 2:

Determinamos el porcentaje de peso del pollo luego de ser faenado

2.390 kg _____ 100%

2.130 kg _____ X

X= 89.12 %

Determinamos el porcentaje del peso de plumas de pollo

2.390 kg _____ 100%

0.145 kg _____ X

X= 6.07 %

Pollo N° 3:

Determinamos el porcentaje de peso del pollo luego de ser faenado

2.650 kg _____ 100%

2.374 kg _____ X

X= 89.58 %

Determinamos el porcentaje del peso de plumas de pollo

2.650 kg _____ 100%

0.152 kg _____ X

X= 5.73 %



e) Registro de crecimiento bacteriano

Promedio de células por hora

Hora	Cantidad de células			Promedio	Factor	Promedio
	R1	R2	R3			
0	0	0	0	0	0	0
1	5.6	5.8	5.4	5.6	1000000	5,600,000.0
2	5.7	5.9	5.6	5.7	1000000	5,733,333.3
3	5.9	5.9	5.8	5.9	1000000	5,866,666.7
4	6.4	6.3	6.2	6.3	1000000	6,300,000.0
5	7.5	7.8	7.2	7.5	1000000	7,500,000.0
6	8.6	8.5	8.7	8.6	1000000	8,600,000.0
7	9.6	9.4	9.6	9.5	1000000	9,533,333.3
8	1.5	1.3	1	1.3	10000000	12,666,666.7
9	1.5	1.3	1	1.3	10000000	12,666,666.7
10	2.1	2.3	2.6	2.3	10000000	23,333,333.3
11	3.2	3.4	3.2	3.3	10000000	32,666,666.7
12	4.5	4.6	4.3	4.5	10000000	44,666,666.7
13	5.5	5.3	5.4	5.4	10000000	54,000,000.0
14	6	6.8	6.7	6.5	10000000	65,000,000.0
15	7.6	7.5	7.3	7.5	10000000	74,666,666.7
16	8.5	8.8	8	8.4	10000000	84,333,333.3
17	9.8	9.1	9.2	9.4	10000000	93,666,666.7
18	1.1	1.2	1.2	1.2	100000000	116,666,666.7
19	1.3	1.4	1.5	1.4	100000000	140,000,000.0
20	1.6	1.6	1.6	1.6	100000000	160,000,000.0
21	1.8	1.7	1.7	1.7	100000000	173,333,333.3
22	1.9	1.9	1.8	1.9	100000000	186,666,666.7
23	2.1	2.5	2.2	2.3	100000000	226,666,666.7
24	2.4	2.9	2.7	2.7	100000000	266,666,666.7
25	3.5	3.6	3.9	3.7	100000000	366,666,666.7
26	4	4.7	4.5	4.4	100000000	440,000,000.0
27	5.3	5.5	5.6	5.5	100000000	546,666,666.7
28	5.7	5.6	5.9	5.7	100000000	573,333,333.3
29	6.1	6.2	6.1	6.1	100000000	613,333,333.3
30	6.2	6.3	6.5	6.3	100000000	633,333,333.3
31	6.5	6.7	6.6	6.6	100000000	660,000,000.0
32	6.8	6.8	6.7	6.8	100000000	676,666,666.7
33	6.7	6.5	6.7	6.6	100000000	663,333,333.3

34	6.6	6.4	6.6	6.5	100000000	653,333,333.3
35	6.5	6.3	6.5	6.4	100000000	643,333,333.3
36	6.4	6.2	6.4	6.3	100000000	633,333,333.3
37	6.4	6.2	6.3	6.3	100000000	630,000,000.0
38	6.3	6.1	6.2	6.2	100000000	620,000,000.0
39	6.2	6.1	6.1	6.1	100000000	613,333,333.3
40	6.1	6.1	6	6.1	100000000	606,666,666.7
41	5.8	5.9	5.8	5.8	100000000	583,333,333.3
42	5.7	5.8	5.7	5.7	100000000	573,333,333.3
43	5.6	5.7	5.7	5.7	100000000	566,666,666.7
44	5.5	5.7	5.6	5.6	100000000	560,000,000.0
45	5.4	5.5	5.5	5.5	100000000	546,666,666.7
46	5.3	5.4	5.4	5.4	100000000	536,666,666.7
47	5.2	5.2	5.3	5.2	100000000	523,333,333.3
48	5.1	5.2	5.2	5.2	100000000	516,666,666.7



Registro de temperatura durante los 109 días de compostaje

Fecha	Tiempo	T1R1	T1R2	T1R3	Temperatura Tratamiento 1	T2R1	T2R2	T2R3	Temperatura de Tratamiento 2	T3R1	T3R2	T3R3	Temperatura de Tratamiento 3	T4R1	T4R2	T4R3	Temperatura de Tratamiento 4
28/05/2021	1	24.40	22.10	22.00	22.83	23.33	21.87	23.70	22.97	25.17	23.00	24.90	24.36	23.45	24.28	23.58	23.77
29/05/2021	2	23.00	24.50	28.44	25.31	24.20	25.00	26.70	25.30	26.16	25.20	26.40	25.92	25.36	24.58	24.68	24.87
30/05/2021	3	30.70	32.40	30.54	31.21	28.40	27.60	30.50	28.83	32.60	32.40	33.40	32.80	32.65	30.56	35.56	32.92
31/05/2021	4	38.56	29.86	40.58	36.33	42.03	40.35	38.53	40.31	39.97	39.85	38.50	39.44	36.58	36.98	38.75	37.44
1/06/2021	5	48.17	53.97	52.53	51.56	58.30	49.87	45.68	51.28	48.07	41.58	40.60	43.42	46.56	48.58	48.65	47.93
2/06/2021	6	50.85	52.56	53.68	52.36	56.67	50.98	46.85	51.50	49.85	42.65	43.58	45.36	49.68	50.36	50.54	50.19
3/06/2021	7	51.89	50.65	52.87	51.80	56.90	52.38	48.58	52.62	50.35	46.58	46.85	47.93	50.36	51.65	51.98	51.33
4/06/2021	8	50.68	49.56	50.98	50.41	52.53	50.98	50.68	51.40	51.52	45.58	48.68	48.59	51.20	50.35	52.98	51.51
5/06/2021	9	51.58	48.65	49.85	50.03	52.93	51.24	51.87	52.01	52.00	48.65	50.54	50.40	52.30	52.30	50.54	51.71
6/06/2021	10	50.36	49.65	49.96	49.99	53.27	52.86	52.58	52.90	52.35	50.85	52.64	51.95	52.56	53.65	51.54	52.58
7/06/2021	11	51.36	50.35	48.98	50.23	53.25	53.54	52.98	53.26	53.65	51.58	53.68	52.97	53.65	54.52	52.30	53.49
8/06/2021	12	52.36	50.65	48.98	50.66	54.58	54.00	53.65	54.08	54.96	52.68	54.85	54.16	54.52	55.68	53.65	54.62
9/06/2021	13	52.35	51.32	49.68	51.12	54.80	54.68	54.10	54.53	55.54	53.65	55.58	54.92	55.60	56.65	54.89	55.71
10/06/2021	14	52.87	51.87	50.32	51.69	55.36	55.65	55.85	55.62	56.85	54.85	56.00	55.90	55.80	57.50	55.65	56.32
11/06/2021	15	53.65	52.33	50.67	52.22	55.72	55.85	56.35	55.97	57.85	55.98	56.98	56.94	56.89	57.85	56.57	57.10
12/06/2021	16	54.65	53.83	51.17	53.22	56.89	56.65	57.52	57.02	58.00	56.74	57.85	57.53	56.47	58.00	57.58	57.35
13/06/2021	17	54.65	55.13	53.10	54.29	56.47	56.98	57.00	56.82	58.32	57.98	58.00	58.10	57.00	58.98	58.58	58.19
14/06/2021	18	55.65	56.97	53.37	55.33	57.68	57.00	58.85	57.84	58.90	58.87	58.95	58.91	58.58	59.00	59.65	59.08
15/06/2021	19	55.98	53.70	54.80	54.83	58.00	57.65	59.00	58.22	58.95	59.42	59.00	59.12	59.20	59.60	58.00	58.93
16/06/2021	20	55.99	54.85	54.98	55.27	58.10	58.56	59.10	58.59	57.85	59.00	59.42	58.76	59.00	58.65	57.85	58.50
17/06/2021	21	56.00	55.65	55.65	55.77	59.62	58.80	59.00	59.14	58.65	58.87	58.00	58.51	58.58	57.96	56.57	57.70
18/06/2021	22	56.12	56.00	55.87	56.00	58.65	59.00	58.00	58.55	59.42	57.98	64.32	60.57	58.91	56.14	55.98	57.01
19/06/2021	23	56.23	56.40	56.10	56.24	56.86	59.54	58.85	58.42	58.85	56.85	62.52	59.41	57.86	55.98	54.89	56.24
20/06/2021	24	56.47	56.67	56.30	56.48	54.58	58.80	58.73	57.37	57.95	56.85	59.50	58.10	56.85	54.85	53.68	55.13
21/06/2021	25	56.67	58.90	56.47	57.35	52.36	58.58	57.00	55.98	56.85	56.67	58.95	57.49	55.56	53.00	52.12	53.56
22/06/2021	26	54.58	57.86	54.87	55.77	50.98	56.85	55.85	54.56	55.98	55.98	56.85	56.27	54.85	52.68	51.20	52.91
23/06/2021	27	54.12	55.98	54.68	54.93	48.00	54.85	54.85	52.57	54.58	54.85	54.85	54.76	53.60	51.52	50.85	51.99
24/06/2021	28	53.65	53.26	52.89	53.27	48.00	52.65	52.65	51.10	52.85	53.98	53.85	53.56	52.20	50.25	49.85	50.77
25/06/2021	29	52.35	51.85	50.65	51.62	47.85	50.89	50.58	49.77	50.65	52.47	52.87	52.00	51.85	49.89	48.75	50.16
26/06/2021	30	51.98	49.85	48.85	50.23	46.54	48.96	49.50	48.33	48.65	50.85	50.85	50.12	50.89	48.98	47.90	49.26
27/06/2021	31	50.35	48.58	48.10	49.01	45.98	45.25	48.58	46.60	47.95	48.95	48.95	48.62	48.53	46.39	46.85	47.26
28/06/2021	32	48.58	46.58	46.59	47.25	44.85	44.85	47.85	45.85	46.98	47.58	47.85	47.47	46.58	44.85	45.85	45.76
29/06/2021	33	46.58	46.50	44.85	45.98	43.65	43.96	48.65	45.42	45.85	46.85	46.85	46.52	45.85	42.58	43.25	43.89

10/08/2021	75	22.20	28.50	26.83	25.84	26.00	25.43	24.30	25.24	22.67	26.30	25.42	24.80	25.85	25.45	25.78	25.69
11/08/2021	76	22.13	28.43	26.77	25.78	25.93	25.37	24.23	25.18	22.60	26.23	25.65	24.83	25.68	25.64	25.65	25.66
12/08/2021	77	22.07	28.37	26.70	25.71	25.87	24.97	24.17	25.00	22.20	25.17	24.85	24.07	25.85	25.32	25.65	25.61
13/08/2021	78	22.17	28.47	26.80	25.81	25.97	25.07	24.27	25.10	22.30	25.30	24.50	24.03	25.45	25.87	25.85	25.72
14/08/2021	79	22.27	28.77	26.90	25.98	26.07	25.17	24.37	25.20	22.40	25.40	23.14	23.65	23.65	25.95	25.65	25.08
15/08/2021	80	24.70	28.03	26.47	26.40	27.27	25.77	24.77	25.93	25.90	24.43	25.65	25.33	24.82	25.84	25.65	25.44
16/08/2021	81	24.77	28.10	26.53	26.47	27.33	25.83	24.83	26.00	25.97	24.50	25.75	25.41	25.89	25.98	25.34	25.74
17/08/2021	82	24.77	28.10	25.50	26.12	27.43	25.90	24.93	26.09	26.07	24.60	25.85	25.51	25.87	25.45	24.98	25.43
18/08/2021	83	24.97	28.30	26.67	26.64	27.53	26.00	25.03	26.19	26.83	24.70	24.65	25.39	25.00	25.98	24.56	25.18
19/08/2021	84	25.07	28.40	26.77	26.74	27.63	26.10	25.13	26.29	26.93	24.80	23.58	25.10	24.89	25.68	24.87	25.15
20/08/2021	85	25.17	28.50	26.87	26.84	27.73	26.20	25.23	26.39	27.03	24.90	25.48	25.80	25.85	25.34	24.63	25.27
21/08/2021	86	25.23	28.57	26.93	26.91	27.80	26.27	25.30	26.46	27.10	24.97	25.24	25.77	26.98	25.89	24.98	25.95
22/08/2021	87	25.27	28.60	26.97	26.94	27.83	26.30	25.33	26.49	26.50	25.00	24.58	25.36	28.58	25.97	24.12	26.22
23/08/2021	88	24.83	26.83	25.17	25.61	26.40	25.17	24.87	25.48	25.07	24.67	23.85	24.53	25.98	25.64	24.58	25.40
24/08/2021	89	24.43	26.17	25.17	25.26	26.33	25.63	25.27	25.74	25.17	24.50	25.45	25.04	24.80	25.86	23.65	24.77
25/08/2021	90	24.00	26.33	25.00	25.11	26.83	25.67	24.90	25.80	24.67	23.33	24.59	24.20	24.98	25.47	23.87	24.77
26/08/2021	91	24.27	25.17	25.83	25.09	25.17	24.03	25.70	24.97	24.63	25.13	25.52	25.10	26.58	25.35	23.98	25.30
27/08/2021	92	24.33	25.83	26.83	25.67	25.63	25.73	24.67	25.34	23.33	24.00	24.58	23.97	25.54	25.65	23.14	24.78
28/08/2021	93	25.87	27.20	27.20	26.76	26.47	26.73	25.70	26.30	25.50	26.37	25.45	25.77	25.98	25.48	23.68	25.05
29/08/2021	94	25.57	26.80	26.80	26.39	26.17	26.40	25.63	26.07	25.30	26.13	25.95	25.79	25.74	24.65	23.57	24.65
30/08/2021	95	26.27	26.50	26.30	26.36	26.63	26.00	24.83	25.82	25.67	26.47	25.45	25.86	25.56	24.98	22.65	24.40
31/08/2021	96	26.33	27.23	26.30	26.62	25.83	26.07	24.93	25.61	26.17	26.00	25.36	25.84	25.64	24.31	22.89	24.28
1/09/2021	97	26.07	26.77	26.20	26.34	25.27	25.43	24.47	25.06	26.07	26.07	25.78	25.97	25.85	24.58	22.57	24.33
2/09/2021	98	25.73	25.67	25.63	25.68	25.43	25.33	24.50	25.09	25.83	25.40	25.45	25.56	24.65	24.36	22.58	23.86
3/09/2021	99	24.33	25.63	24.87	24.94	24.90	24.37	23.53	24.27	25.00	24.30	24.85	24.72	24.58	24.75	22.65	23.99
4/09/2021	100	24.33	25.93	25.97	25.41	25.27	25.27	24.33	24.96	25.70	26.60	25.95	26.08	25.66	24.98	22.58	24.41
5/09/2021	101	24.00	26.03	25.33	25.12	25.10	24.77	24.70	24.86	25.37	26.10	24.53	25.33	25.31	23.65	22.91	23.96
6/09/2021	102	23.93	26.03	25.57	25.18	27.03	26.10	24.90	26.01	23.93	22.50	24.85	23.76	24.87	23.48	22.18	23.51
7/09/2021	103	23.80	25.47	24.83	24.70	27.00	26.13	23.33	25.49	21.33	22.50	23.56	22.46	23.56	23.69	22.65	23.30
8/09/2021	104	23.23	24.67	24.83	24.24	24.50	25.03	22.33	23.96	21.50	21.47	22.85	21.94	22.98	23.58	22.14	22.90
9/09/2021	105	22.73	23.67	23.60	23.33	24.33	22.67	21.33	22.78	22.60	21.53	21.58	21.90	22.65	23.47	22.87	23.00
10/09/2021	106	22.67	22.70	23.70	23.02	23.33	23.33	22.00	22.89	21.33	21.33	22.45	21.71	21.85	23.14	22.69	22.56
11/09/2021	107	22.17	22.27	22.80	22.41	23.50	23.33	22.33	23.06	21.90	21.93	21.59	21.81	21.58	22.65	22.36	22.20
12/09/2021	108	22.17	22.17	21.67	22.00	22.50	22.13	21.80	22.14	21.20	21.63	20.78	21.20	21.65	22.98	22.58	22.40
13/09/2021	109	21.73	22.03	21.57	21.78	21.63	21.67	22.00	21.77	21.27	21.33	20.96	21.19	21.98	22.65	22.40	22.34

f) Solicitud a SENAMHI



Universidad Católica
de Santa María

"IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA"
"En la ciencia y en la fe está nuestra fortaleza"

Arequipa, 22 de noviembre del 2021

CARTA N° 078-EPIA-2021

Mg. Guillermo Gutiérrez Paco
Director Zonal SENAMHI Sede Arequipa
Presente.-

Tengo bien dirigido la presente para llevarle el saludo institucional de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, y en especial de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, y a la vez presentarle las Señoritas:

VANESA GLADYS CUTI CUTI,
YAMILET RUTH VARGAS GUTIERREZ

Bachilleres de nuestra Escuela Profesional, con Código de Matrícula 2014243462 y 2014150432, identificadas con DNI N° 77223528 y 70794602 respectivamente quienes desean solicitar información meteorológica a la entidad que usted dirige ya que se encuentra en la etapa de redacción de borrador de tesis titulada "TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS (PLUMAS) GENERADOS EN CENTROS DE FAENAMIENTO AVÍCOLA A PARTIR DE COMPOSTAJE OPTIMIZADO CON BACTERIAS QUERATINOLÍTICAS, AREQUIPA 2020".

Conocedora de su amplio espíritu de colaboración, hago propicia la ocasión para reiterar los sentimientos de mi mayor consideración y deferencia personal.

Puede confirmar la validez de la presente carta al correo achanove@ucsm.edu.pe

Atentamente,


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
Mg. Ing. ANDREA PACHECO CHANOVE
Directora de la Escuela Profesional de
Ingeniería Ambiental

g) Informe de SENAMHI

PERÚ Ministerio del Ambiente

Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**INFORME METEOROLOGICO
(CARTA N° 078-EPIA-2021)**

PREPARADO PARA:
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
Atención: Vanesa Gladys Cuti Cuti
Yamilet Ruth Vargas Gutierrez

PERIODO: 01-05-2021 al 31-10-2021

ESTACIÓN MAP LA PAMPILLA

HUMEDAD RELATIVA DIARIA (%)

DIA/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
01	S/D	47	34	42	37	34
02	S/D	56	37	58	40	37
03	S/D	39	38	45	45	44
04	S/D	42	40	52	42	37
05	S/D	S/D	45	52	40	44
06	S/D	S/D	46	S/D	41	52
07	S/D	43	39	S/D	51	49
08	S/D	48	36	S/D	55	47
09	S/D	41	47	40	50	53
10	S/D	39	50	38	47	56
11	S/D	40	50	36	37	42
12	S/D	47	42	34	31	39
13	S/D	46	47	39	36	43
14	S/D	43	44	40	44	48
15	S/D	53	40	34	37	50
16	S/D	51	43	35	42	61
17	52	49	50	35	47	46
18	45	48	50	40	42	47
19	44	46	41	41	42	38
20	37	44	40	34	42	40
21	49	48	40	36	44	44
22	40	41	39	44	46	40
23	42	37	38	40	43	39
24	42	42	37	51	47	S/D
25	43	46	S/D	54	47	S/D

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054 - 256136
www.senamhi.gob.pe

Firmado digitalmente por TICQVA
JARA Jose Luis PAU ID131366026
DN:
Nombre: Day V "B"
Fecha: 10/05/2022 14:30:05 -0500



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

26	56	47	45	45	37	39
27	48	52	50	46	36	43
28	S/D	43	49	48	33	46
29	S/D	40	45	43	37	48
30	53	62	43	38	38	52
31	54		47	43		48

PRECIPITACION TOTAL DIARIA (MM)

DIAS/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		0.0	0.0		0.0

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054 - 256116
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TROCHA
al PA año LUIS PAU 20180608
Módulo: Des Vº Bº
Fecha: 10/05/2018 14:28:44 -05:00



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

TEMPERATURA MAXIMA DIARIA (°C)

DIAS/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
01	S/D	23.8	23.8	24.2	26.0	24.8
02	S/D	25.2	23.4	24.0	23.8	25.0
03	S/D	24.6	24.6	22.8	24.2	24.4
04	S/D	23.2	24.0	23.4	25.4	24.8
05	S/D	-999	23.2	24.8	25.0	25.4
06	S/D	-999	24.8	23.2	24.0	24.0
07	S/D	25.0	24.4	23.2	22.4	24.6
08	S/D	22.8	25.0	25.6	23.6	25.6
09	S/D	21.8	25.2	23.2	24.2	26.2
10	S/D	24.2	24.4	25.6	25.8	26.0
11	S/D	23.6	23.6	24.8	23.2	26.4
12	S/D	25.2	22.8	24.2	24.2	26.0
13	S/D	25.8	25.6	25.2	24.6	25.8
14	S/D	24.8	26.0	24.8	23.4	25.6
15	S/D	23.2	26.4	24.0	23.0	22.4
16	S/D	21.4	25.0	25.2	24.6	24.0
17	25.2	24.2	24.8	23.4	26.8	25.4
18	24.2	23.2	25.4	24.0	25.0	26.2
19	25.6	23.0	23.4	22.4	24.2	25.0
20	23.8	24.2	25.6	24.0	24.8	24.8
21	26.0	24.6	25.8	23.2	24.4	25.2
22	26.2	22.4	26.0	24.6	24.0	24.8
23	25.4	24.2	24.8	23.4	25.4	24.2
24	23.8	24.0	24.6	21.4	25.8	24.6
25	25.6	22.8	23.0	21.0	26.2	25.2
26	24.6	22.4	22.8	22.6	26.4	24.8
27	24.2	22.0	24.8	22.6	26.8	25.2
28	21.6	24.0	24.6	24.2	26.6	26.6
29	S/D	25.0	25.8	25.4	25.4	25.4
30	S/D	25.4	23.6	24.6	24.4	26.0
31	24.6		22.4	25.8		25.8

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054 - 256116
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TECNOA
JWA Jose Luis FAU 1010130000
Módulo: Des V P
Fecha: 16/08/2022 14:30:03 -05:00



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

TEMPERATURA MINIMA DIARIA (°C)

DIA/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
01	S/D	9.2	5.2	8.8	8.2	9.6
02	S/D	7.8	5.2	9.0	7.8	9.0
03	S/D	7.2	4.6	8.4	7.6	7.8
04	S/D	9.0	7.4	10.2	8.2	9.6
05	S/D	S/D	6.2	9.0	9.0	11.4
06	S/D	S/D	6.8	6.6	9.4	12.2
07	S/D	5.6	6.0	4.2	7.8	12.6
08	S/D	4.6	7.4	6.0	7.6	12.4
09	S/D	7.8	7.6	7.4	8.4	13.2
10	S/D	5.0	7.2	4.8	9.2	11.8
11	S/D	4.8	7.4	6.6	8.4	10.8
12	S/D	7.4	7.8	6.4	7.9	9.4
13	S/D	7.0	7.0	5.8	8.6	12.8
14	S/D	6.4	6.4	6.4	7.4	9.2
15	S/D	6.8	8.4	6.6	8.4	8.6
16	S/D	5.8	6.4	7.4	8.0	9.2
17	9.0	7.2	8.4	6.2	9.4	7.2
18	8.4	7.2	7.2	6.6	11.4	6.4
19	6.6	7.4	8.6	7.6	9.2	7.2
20	8.2	8.0	8.2	6.4	9.4	8.6
21	6.4	7.6	8.6	7.2	11.2	9.0
22	7.2	7.8	9.2	7.0	11.0	6.2
23	8.0	8.6	8.0	6.2	12.8	8.2
24	7.6	7.2	7.8	6.2	11.4	7.0
25	11.0	6.2	9.2	7.0	10.2	7.8
26	10.2	7.0	6.6	7.8	10.8	5.2
27	10.0	6.6	7.2	6.6	9.2	6.4
28	9.8	7.6	7.2	7.8	10.0	8.4
29	S/D	6.4	9.6	7.2	9.6	9.8
30	S/D	6.8	8.0	7.4	9.0	11.4
31	8.4		8.2	7.8		10.8

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054 - 256135
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TIGUAN
JUNTA LICEO LUIS P. AL. 20131599603
sot
Módulo: Doc V. B.
Fecha: 10/05/2022 14:36:16 -05:00



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

DIRECCION DEL VIENTO DIARIA (°C)

DIA/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
01	S/D	SW	SW	SW	S	SE
02	S/D	SW	SW	SW	S	SW
03	S/D	SW	SW	NW	SW	SW
04	S/D	SW	SW	SW	S	SW
05	S/D	SW	SW	SE	S	S
06	S/D	S/D	W	E	S	SW
07	S/D	SW	W	E	S	SE
08	S/D	SW	SW	SW	S	SW
09	S/D	SW	S	SE	S	SW
10	S/D	SW	W	E	S	S/D
11	S/D	SW	SW	E	SE	S
12	S/D	SW	SW	SE	W	S
13	S/D	SW	SW	SE	S	S
14	S/D	SW	SW	SE	S	S
15	S/D	SW	SW	SE	S	S
16	S/D	SW	SW	E	S	S
17	SW	SW	SW	SE	SW	S
18	SW	SW	SW	S	SW	S
19	SW	SW	SW	SE	NW	S
20	SW	W	SW	SE	SW	S
21	SW	SW	W	SE	S	S
22	SW	SW	SW	SE	SW	SE
23	SW	SW	SW	SE	SW	S
24	SW	SW	SW	S	SW	S
25	SW	SW	SW	S	S	S
26	SW	SW	SW	S	S	S
27	SW	SW	SW	SW	S	S
28	SW	SW	SW	S	S	S
29	SW	SW	SW	S	SW	S
30	SW	W	SW	S	S	S
31	SW		SW	S		S

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054 - 256136
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TICORA
JHFA José Luis FAU2013360006
v1.0
Módulo: DocV1.0F
Fecha: 10/03/2022 14:36:42 -05:00



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

RADIACION SOLAR WM2 - HORARIA
MES MAYO 2021

DIA/ HORA	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	DIARIO
01	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
02	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	862	733	534	300	S/D	607
03	S/D	S/D	S/D	428	636	795	878	889	828	701	381	247	43	486
04	0	0	147	364	623	773	823	880	836	726	521	83	39	388
05	0	1	151	411	630	784	893	902	830	713	532	310	25	412
06	0	0	135	425	645	358	671	769	773	775	534	317	24	362
07	0	0	87	399	610	779	862	869	817	699	522	286	28	397
08	0	0	53	372	641	768	871	890	813	709	471	168	16	385
09	0	0	53	410	627	774	855	873	820	687	519	270	24	394
10	0	0	38	414	606	746	849	857	812	650	149	286	22	362
11	0	0	43	400	598	761	814	853	834	708	463	270	20	384
12	0	0	43	413	559	762	865	895	430	708	520	283	11	366
13	0	0	41	410	616	792	881	895	794	705	526	288	16	398
14	0	0	30	395	620	745	832	861	770	689	508	272	10	382
15	0	0	29	401	626	768	874	876	785	694	521	284	15	392
16	0	0	39	384	619	777	872	879	782	699	525	273	14	391
17	0	0	34	389	602	771	859	882	787	648	509	251	17	383
18	0	0	29	393	611	774	862	867	774	679	511	275	14	386
19	0	0	29	406	634	764	914	596	762	649	296	195	15	351
20	0	0	56	382	638	776	867	878	777	633	318	222	16	371
21	0	0	23	400	611	743	818	880	795	694	529	292	32	388
22	0	0	23	415	646	745	909	601	868	722	453	242	14	376
23	0	0	29	368	617	765	869	891	549	716	268	148	17	349
24	0	0	50	140	259	342	730	862	866	501	329	77	2	277
25	0	0	28	294	132	799	866	861	346	696	238	111	13	292
26	0	0	26	364	578	742	776	831	572	653	259	110	11	328
27	0	0	85	340	696	742	678	801	830	666	195	310	9	357
28	0	0	40	239	580	740	832	846	777	664	480	165	18	359
29	0	0	43	355	568	759	784	772	781	650	506	106	13	356
30	0	0	45	370	555	755	828	839	780	684	508	55	14	362
31	0	0	33	146	349	728	624	719	487	388	298	100	10	259



Firmado digitalmente por TICOM
JAW Jose Luis FAU/2018/360026
R01
Módulo: DocV*E
Fecha: 10.05.2022 14:57:04 -05:00

Calle Federico Torrico C - 20, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

MES JUNIO 2021

DIA/ HORA	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	DIARIO
01	0	0	48	371	616	674	829	904	803	534	532	104	19	362
02	0	0	22	382	610	753	850	858	808	699	519	53	12	371
03	0	0	23	372	581	722	828	884	800	430	187	108	21	330
04	0	0	19	363	415	263	908	924	298	332	528	57	17	275
05	0	0	22	368	580	732	814	831	795	663	524	49	9	359
06	0	0	20	380	592	719	828	849	799	690	520	46	11	364
07	0	0	19	377	584	731	824	842	791	688	516	43	10	362
08	0	0	21	296	790	844	727	888	608	688	455	54	21	359
09	0	0	28	356	579	714	795	811	766	661	499	53	9	351
10	0	0	24	323	489	624	826	643	762	708	495	94	23	334
11	0	0	20	381	585	714	803	840	798	689	511	39	12	359
12	0	0	19	355	567	707	790	813	761	656	499	38	11	348
13	0	0	19	357	563	701	794	812	764	659	495	40	12	348
14	0	0	20	358	547	635	785	798	755	650	487	50	18	340
15	0	0	26	335	546	505	765	783	738	642	483	53	18	326
16	0	0	22	340	540	511	763	774	739	649	467	66	18	326
17	0	0	26	351	539	498	762	785	743	643	476	44	14	325
18	0	0	34	345	522	463	763	783	718	647	477	53	13	321
19	0	0	44	252	456	450	753	793	603	662	407	68	23	301
20	0	0	18	350	551	481	770	347	809	432	532	91	12	293
21	0	0	23	404	390	457	749	581	678	652	382	65	9	293
22	0	0	23	303	600	624	780	781	758	649	491	75	24	341
23	0	0	63	285	552	510	470	672	684	353	253	75	11	262
24	0	0	22	373	555	533	807	770	771	653	496	45	14	336
25	0	0	28	363	560	569	788	813	684	670	305	55	14	323
26	0	0	18	339	550	550	753	776	717	613	454	56	18	323
27	0	0	18	339	549	535	701	764	658	650	461	93	12	319
28	0	0	44	215	572	588	794	740	823	665	467	47	13	331
29	0	0	18	352	568	519	775	782	749	665	498	36	12	332
30	0	0	18	346	563	474	766	844	790	644	462	44	14	331

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TCC/IA
J.P.R. 4444 Lib. FAU/2013/50026
MHI
Número: CoyV*IP
Fecha: 10/05/2022 10:37:24 -0500



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

MES JULIO 2021

DIA/ HORA	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	DIARIO
01	0	0	17	340	552	500	750	834	784	642	465	52	15	330
02	0	0	19	339	564	458	758	833	774	639	468	50	16	328
03	0	0	19	352	562	464	756	841	788	654	472	48	16	331
04	0	0	20	343	558	460	761	839	780	653	477	49	16	330
05	0	0	29	331	559	460	740	828	769	634	458	58	16	325
06	0	0	34	315	558	532	813	850	796	670	514	77	22	345
07	0	0	24	338	566	603	821	853	811	694	514	73	23	355
08	0	0	23	334	552	587	816	838	788	679	514	64	18	348
09	0	0	21	346	566	689	824	852	802	685	512	66	20	359
10	0	0	23	329	560	673	806	824	792	680	510	75	19	353
11	0	0	25	335	555	702	758	871	676	393	208	87	24	309
12	0	0	32	339	331	898	1000	801	597	679	487	90	24	352
13	0	0	47	451	550	708	820	843	795	674	492	82	25	366
14	0	0	36	323	558	711	813	838	802	697	519	60	20	358
15	0	0	22	349	569	736	818	852	800	697	534	57	18	363
16	0	0	19	361	573	749	840	867	819	710	548	56	18	371
17	0	0	18	363	581	743	850	867	826	724	543	69	21	374
18	0	0	22	351	593	743	844	878	806	763	472	92	19	372
19	0	0	73	342	417	740	806	504	885	239	303	225	40	305
20	0	0	28	359	582	738	834	852	821	699	541	276	20	383
21	0	0	19	367	604	733	837	873	813	699	537	302	23	387
22	0	0	23	363	590	705	809	853	822	329	519	282	24	355
23	0	0	25	324	525	744	871	885	542	428	267	113	57	319
24	0	0	26	345	574	740	845	871	819	709	562	314	59	391
25	0	0	49	65	267	737	851	892	829	705	553	303	30	352
26	0	0	23	366	578	738	841	875	831	724	557	329	26	393
27	0	0	21	370	595	748	843	881	837	718	564	334	26	396
28	0	0	22	74	603	742	853	880	836	700	540	342	27	375
29	0	0	54	373	590	764	912	879	840	728	560	334	21	404
30	0	0	44	332	596	690	780	845	852	540	474	294	43	366
31	0	0	23	377	605	774	858	901	855	743	568	338	23	404

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TICORA
JH PA José Luis FAU2019366020
s/n
Módulo: DocV7.0F
Fecha: 10/05/2022 03:37:45 -0500



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

MES AGOSTO 2021

DIA/ HORA	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	DIARIO
01	0	0	24	372	603	773	862	890	853	747	570	337	22	404
02	0	0	27	381	597	759	866	900	852	740	547	392	18	405
03	0	0	26	371	606	486	1010	634	720	635	583	173	24	351
04	0	0	30	383	265	761	872	981	938	818	595	280	38	397
05	0	0	23	402	613	743	842	870	836	738	570	346	78	404
06	0	0	25	428	627	754	845	877	838	719	557	328	43	403
07	0	0	42	362	593	709	813	856	814	718	546	309	57	388
08	0	0	38	384	617	745	838	846	807	717	544	329	44	394
09	0	0	27	407	602	707	836	861	825	732	572	334	31	396
10	0	0	23	419	624	748	852	877	840	738	562	342	36	404
11	0	0	26	416	622	738	833	869	822	716	559	332	47	399
12	0	0	47	416	606	745	839	845	807	702	559	235	78	392
13	0	0	28	449	623	750	834	932	885	765	580	338	85	418
14	0	0	27	433	668	814	940	941	888	762	598	329	80	432
15	0	0	26	461	690	843	953	965	915	797	604	359	88	447
16	0	0	28	443	668	823	928	947	890	783	600	354	90	437
17	0	0	31	432	677	818	926	946	890	779	593	347	92	435
18	0	0	29	445	682	826	938	939	900	785	607	361	90	440
19	0	0	34	456	685	835	929	955	900	797	602	335	86	441
20	0	0	61	192	706	858	1118	944	898	782	607	360	68	440
21	0	0	42	461	680	813	926	942	899	782	592	358	85	439
22	0	0	34	455	663	818	926	952	898	798	605	372	90	441
23	0	0	31	473	697	846	919	949	916	814	625	380	93	450
24	0	0	32	488	718	844	941	954	903	790	604	368	92	449
25	0	0	35	483	687	838	933	956	913	793	464	359	75	436
26	0	0	33	436	665	821	925	958	925	806	629	379	42	441
27	0	0	71	177	695	854	971	972	926	825	642	381	38	437
28	0	0	28	459	646	813	931	975	919	814	607	377	44	441
29	0	0	33	467	518	842	954	1001	941	835	644	396	33	444
30	0	0	29	476	637	842	947	994	938	815	600	354	42	445
31	0	0	31	474	680	832	939	973	914	818	611	353	50	445

Calle Federico Tomico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



Firmado digitalmente por TCONA,
JARA Jose Luis FAU501N368026
ciff
Módulo: DocV*IT
Fecha: 10.05.2022 10:38:09 -0500



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

MES SETIEMBRE 2021

DIA/ HORA	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	DIARIO
01	0	0	38	415	640	834	945	979	927	819	622	376	39	442
02	0	2	37	468	669	809	956	998	919	819	625	368	45	448
03	0	2	42	425	695	848	951	981	924	816	571	361	48	444
04	0	2	39	466	688	854	947	985	920	809	613	356	40	448
05	0	2	32	481	712	858	954	983	922	820	630	380	50	455
06	0	2	36	496	716	863	969	980	922	812	635	373	41	456
07	0	9	40	469	692	860	961	406	943	359	221	157	53	345
08	0	8	67	421	473	897	945	962	925	823	622	304	80	435
09	0	3	33	498	711	873	958	1003	944	835	645	397	75	465
10	0	10	47	500	686	812	899	912	868	769	596	364	90	437
11	0	11	50	489	738	886	982	1025	950	830	646	367	103	472
12	0	9	40	504	707	836	917	920	890	793	618	370	101	447
13	0	8	37	495	714	840	912	943	907	799	626	384	110	452
14	0	10	43	227	709	837	930	941	889	792	610	374	118	432
15	0	11	45	100	699	821	892	940	819	726	606	370	105	409
16	0	13	48	125	487	872	876	1008	597	772	683	266	67	388
17	0	10	31	52	745	850	939	959	913	817	648	399	124	432
18	0	9	32	56	754	867	952	941	906	809	653	407	117	434
19	0	13	60	54	747	852	950	839	865	798	648	415	127	425
20	0	10	35	72	752	838	939	948	930	800	643	403	124	433
21	0	10	46	63	729	844	928	947	902	792	631	388	120	427
22	0	14	40	63	714	827	911	935	887	774	614	370	96	416
23	0	17	115	132	671	935	1036	1046	980	341	300	346	66	399
24	0	17	45	81	808	968	1056	1058	999	864	656	384	81	468
25	0	37	78	92	827	982	1069	1125	958	836	639	384	116	476
26	0	15	103	130	836	1014	902	1054	993	849	639	386	111	469
27	0	39	75	165	861	1032	860	513	563	838	642	413	81	405
28	0	17	52	129	807	947	1022	1024	969	842	638	379	101	462
29	S/D	S/D	S/D	S/D	753	876	963	945	970	862	692	S/D	S/D	866
30	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Firma Digital



Firmado digitalmente por TEOCRA
JARA Jose Luis FAU2018360026
DN:
c=PE, o=Senamhi, ou=Senamhi,
cn=Jose Luis JARA

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**COMPORTAMIENTO DEL VIENTO
ESTACION MAP LA PAMPILLA – PROVINCIA DE AREQUIPA
DEPARTAMENTO AREQUIPA
ENERO A DICIEMBRE DE 2021**

1. INTRODUCCION

La estación meteorológica MAP La Pampilla se encuentra ubicada en la sierra media de la provincia de Arequipa, su ubicación se detalla en las siguientes coordenadas.

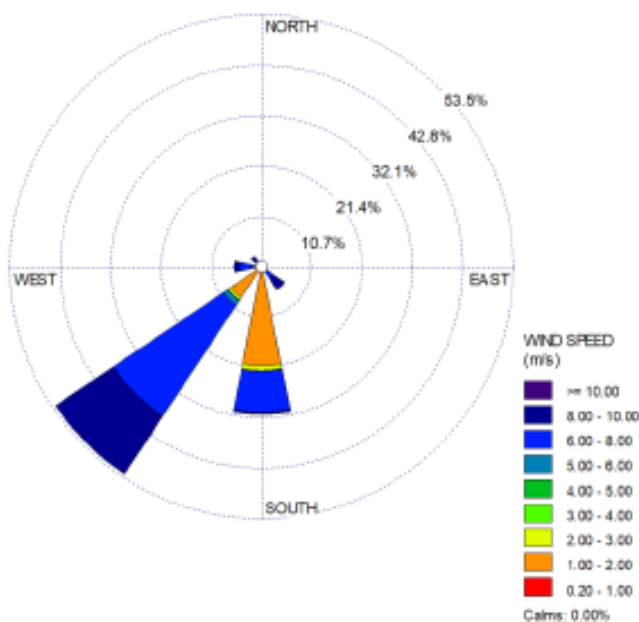
Latitud: 16°24'49.66" S
Longitud: 71°32'4.31" W
Altitud: 2326 m s. n. m.

Debido a su ubicación geográfica el comportamiento del viento está asociado a las brisas de valle y montaña.

2. ANALISIS

El viento que prevalece en un rango de tiempo puede ser representado por medio de una rosa de los vientos, la cual indica el porcentaje de tiempo en el que el viento sopla de diferentes direcciones; y la dirección del viento se considera de donde procede el viento.

En promedio durante los meses de enero a diciembre del año 2021, el comportamiento de la dirección del viento presenta una dirección predominante del Suroeste (SW).



Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe

Firma Digital
 Senamhi
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
Firmado digitalmente por TICOMAR JARA JARA LUIS FAU.2018.368026.pdf
Motivo: DesV*E*P
Fecha: 10/05/2022 14:40:10 -0500



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Grafico N°1 Rosa de viento total

Respecto a la frecuencia de la velocidad del viento, predomina las velocidades entre los rangos de 6.0 a 8.0 m/s con un 44.4%, así mismo se alcanza una frecuencia de 20.4% de vientos que superan los 8.0 m/s a 10.0 m/s.

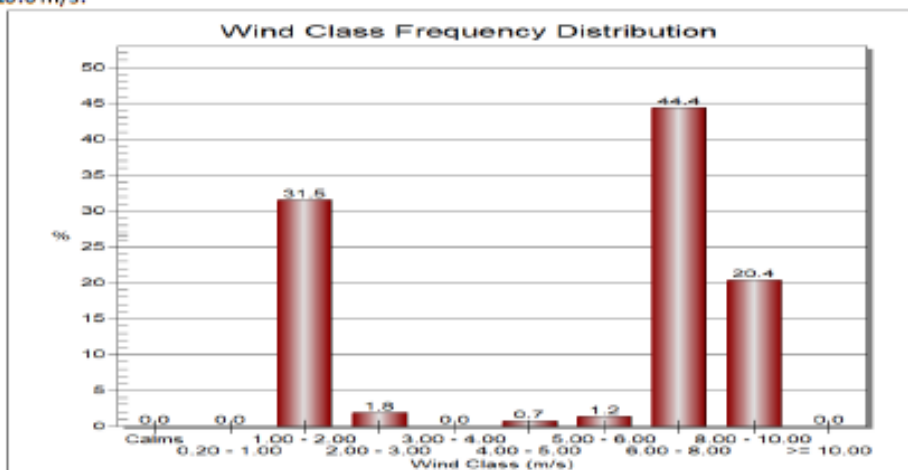


Grafico N°2 Frecuencia de viento total

Durante la mañana, el comportamiento del viento presenta viento predominante del Sur (S); con velocidad de viento de característica ventolina a brisa muy débil (escala beaufort).

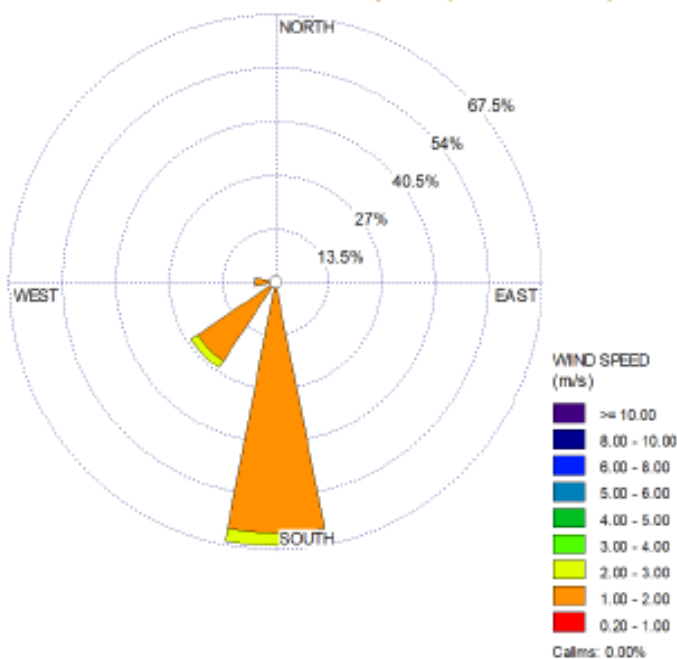


Grafico N°3 Rosa de viento a las 07:00 am

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054-256136
www.senamhi.gob.pe



Financiado digitalmente por TIC-ONIA
JARRA Jose Luis FAU/2018/360028
with
Módulo: DocV7.0
Fecha: 10/05/2022 16:41:12 -06:00



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Respecto a la frecuencia de la velocidad del viento durante la mañana, existe una predominancia de velocidades entre los rangos de 1.0 a 2.0 m/s con 94.5% caracterizado como vientos débiles; seguido del rango de 2.0 a 3.0 m/s, solo tiene una frecuencia de 5.5%.

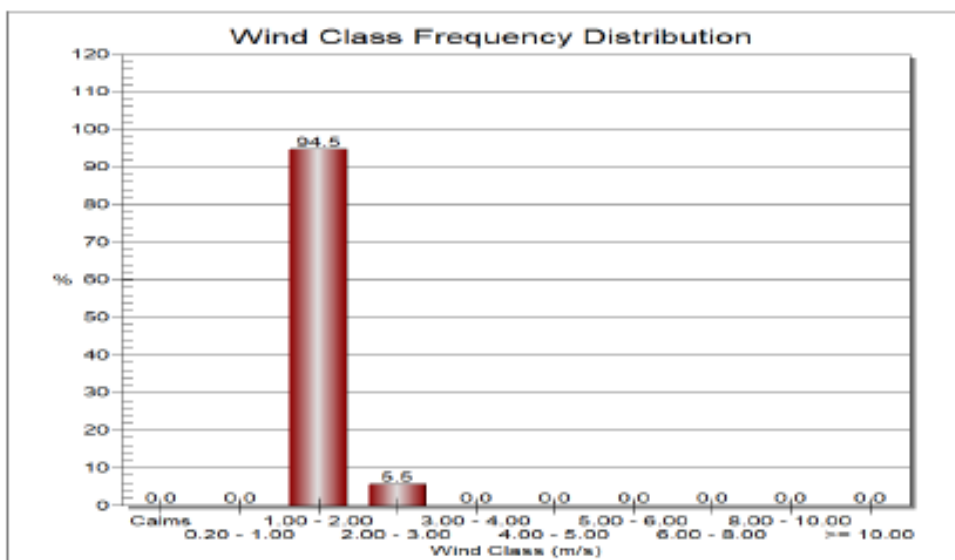
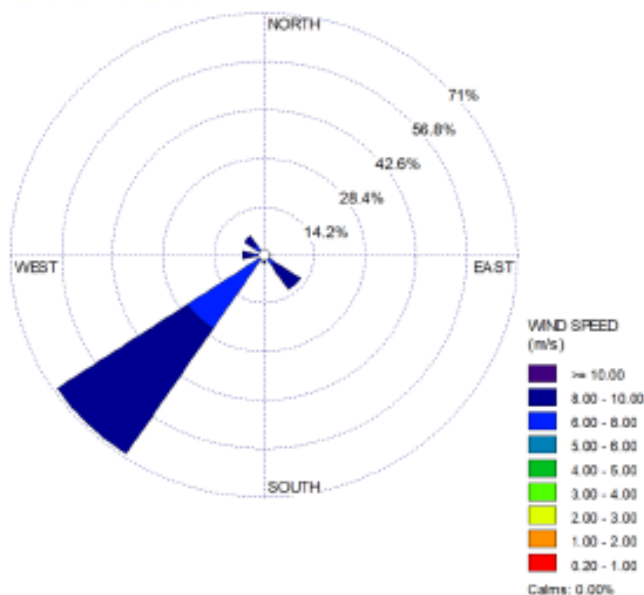


Gráfico N°4 Frecuencia de la velocidad del viento a las 07:00 am

Durante el mediodía, el comportamiento del viento presenta un comportamiento más definido e intenso en velocidad, predominado vientos con una dirección del Suroeste (SW); incrementándose la velocidad del viento producto del calentamiento diurno.



Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe



Firma digital por TICOMH
JRF: José Luis FAU2013360028
MHI
Módulo: DoyV" B"
Fecha: 10/03/2022 14:13:05-05:00



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
 "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
 Grafico N°5 Rosa de viento a las 13:00 pm

Respecto a la frecuencia de la velocidad del viento durante el mediodía, presenta un valor máximo de 60.8%, con velocidades entre los rangos de 8.0 a 10.0 m/s denominado brisa moderada; alcanzando también en algún momento valores de velocidades entre 6.0 a 8.0 m/s, alcanzando los 39.2% de frecuencia.

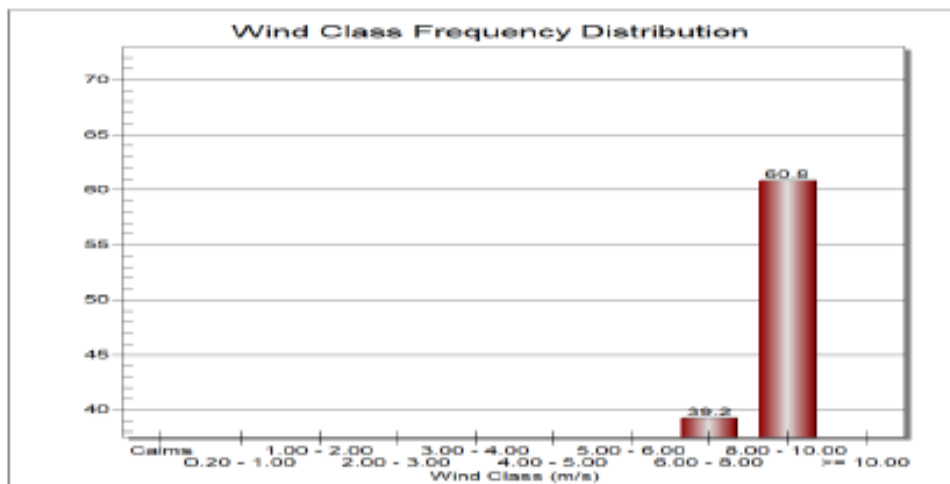


Grafico N°6 Frecuencia de la velocidad del viento a las 13:00 pm

En horas de la noche el comportamiento del viento presenta una dirección predominante del Suroeste (SW), con valores ligeramente mayores tanto en dirección y velocidad del viento, que lo registrado durante la mañana.



PERÚ Ministerio del Ambiente

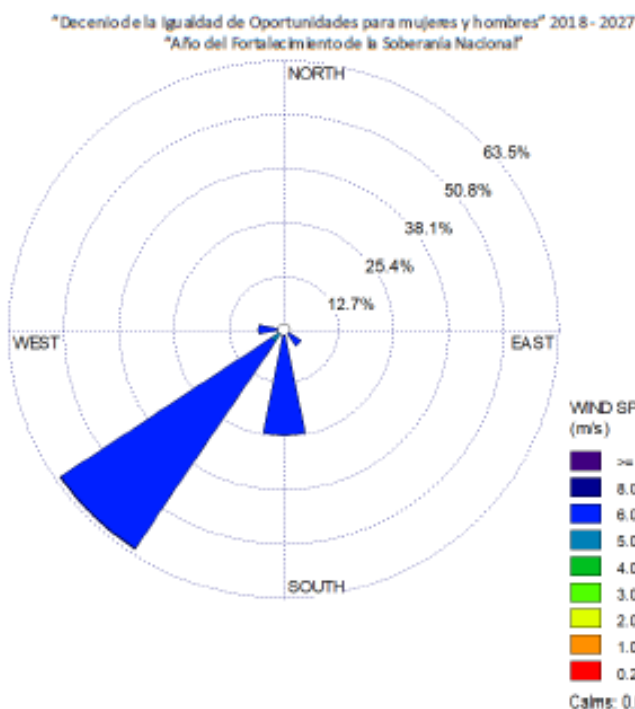
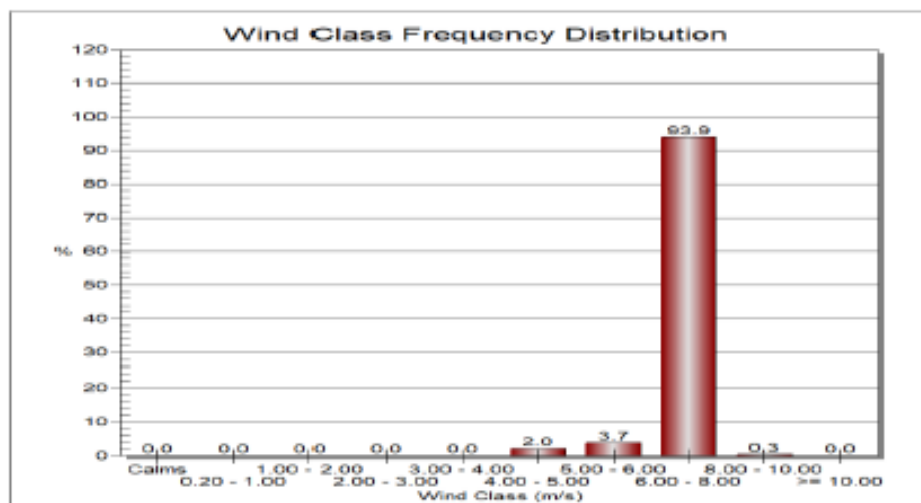


Grafico N°7 Rosa de viento a las 19:00 am

Respecto a la velocidad el viento en horas de la noche la frecuencia presenta un porcentaje predominante en el rango de 6.0 a 8.0 m/s con 93.9%, seguido de una frecuencia de 3.7% entre los rangos de 5.0 a 6.0 m/s.



T = Vestigios de lluvia.

S/D = Sin Datos.

Calle Federico Tomico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
 Teléfono: 054- 256136
 www.senamhi.gob.pe



Financiado digitalmente por TICOMSA
 JARA, José Luis FAU20131360026
 web
 Huevo: DayV® IP
 Fecha: 10/05/2022 14:22:4-050



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Arequipa, 10 de marzo del 2022

Firma Digital
 **Senamhi**
Firmado digitalmente por TICONA
JARA José Luis FAU 30151366636
scif
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10.03.2022 14:45:10 -05:00

Ing. José Luis Ticona Jara
Director Zonal 6 (e)
SENAMHI - Arequipa

Calle Federico Torrico C - 28, Urb. Atlas - Arequipa
Teléfono: 054- 256136
www.senamhi.gob.pe

h) Informe del Laboratorio I+D con los resultados del análisis de abonos orgánicos



Laboratorio i+D
*Análisis Biológicos,
Veterinarios y Agrícolas
Majes - Arequipa*

INFORME DE ENSAYO 1688 – 2021

Cliente : Vanesa Gladys Cuti Cuti
R.U.C. : -
Dirección: Arequipa – Arequipa – Arequipa
Ensayo : Análisis en Abonos Orgánicos
Fecha : miércoles, 22 de septiembre de 2021

PRODUCTO DECLARADO	: Abono Orgánico Sólido – Compost
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Compost
CODIFICACIÓN/MARCA	: Compost
PROCEDENCIA	: Arequipa – Arequipa – Arequipa
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 12 muestras de 2 Kg aproximadamente
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno nueva
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: No corresponde
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No corresponde
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 15 de septiembre de 2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.



LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
 Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
 Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com



INFORME DE ENSAYO 1688 – 2021

Cliente : Vanesa Gladys Cuti Cuti
R.U.C. :-
Dirección: Arequipa – Arequipa – Arequipa
Ensayo : Análisis en Abonos Orgánicos
Fecha : miércoles, 22 de septiembre de 2021

RESULTADOS

Tratamiento	pH	C.E.	Humedad	Materia Orgánica	Carbono Orgánico	N	P	K	C/N	Ca	Mg	Na	Impurezas	Coliformes Fecales NMP/g	Coliformes Totales NMP/g
	-	dS/m	%	%	%	%	%	%	-	%	%	%	%	%	%
T1R1	7.79	1.739	45	61.7	35.79	1.36	0.88	0.9	26.32	4.63	0.95	0.16	11.35	58	<1.8
T1R2	7.49	1.79	46	62.1	36.02	1.67	1.19	1.17	21.57	5.72	1.15	0.15	8.11	430	<1.8
T1R3	8.5	1.53	42	48.6	28.19	1.06	0.71	0.92	26.59	1.95	0.39	0.13	10.51	110	<1.8
T2R1	8.95	1.359	45.17	42.73	24.79	0.89	0.67	1.01	27.85	2.46	0.46	0.11	8.29	950	<1.8
T2R2	8.92	1.351	45.31	44.04	25.55	0.88	0.7	0.99	29.03	2.54	0.47	0.13	8.21	940	<1.8
T2R3	8.94	1.345	45.5	43.6	25.29	0.91	0.69	0.97	27.79	2.51	0.46	0.12	8.46	920	<1.8
T3R1	8.25	0.845	45.5	46.9	27.2	0.97	1.07	1.03	28.04	5.15	1.08	0.08	8.08	540	<1.8
T3R2	8.6	1.764	41.5	49.1	28.48	1.06	0.94	0.91	26.87	2.53	0.52	0.16	10.26	70	<1.8
T3R3	8.73	1.175	38	54.3	31.5	1.14	0.87	0.91	27.63	1.99	0.38	0.11	8.64	540	<1.8
T4R1	8.65	1.814	40.74	42.53	24.67	0.89	0.65	0.97	27.72	2.41	0.47	0.17	11.39	130	<1.8
T4R2	8.63	1.839	41.58	43.83	25.42	0.91	0.68	1.01	27.93	2.51	0.46	0.18	11.05	130	<1.8
T4R3	8.66	1.845	42	43.4	25.17	0.88	0.66	0.99	28.6	2.46	0.46	0.17	11.62	140	<1.8

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com





INFORME DE ENSAYO 1688 – 2021

Cliente : Vanesa Gladys Cuti Cuti
R.U.C. :-
Dirección: Arequipa – Arequipa – Arequipa
Ensayo : Análisis en Abonos Orgánicos
Fecha : miércoles, 22 de septiembre de 2021

ABREVIATURAS:

- mS/cm: miliSiemens por centímetro ≈ dS/m: deciSiemens por metro ≈ mmho/cm
- %: partes por ciento
- NMP/g: Número más probable por gramo

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

pH	: Electrométrico (Dilución 1:5)
Conductividad. Eléctrica	: Electrométrico (Dilución 1:5)
Humedad	: Gravimétrico
Materia Orgánica	: Método Walkey and Black
Carbono Orgánico C	: Cálculo M.O./1.724
Nitrógeno	: Kjeldahl
Fósforo Disponible	: Método Espectrofotométrico
Potasio Disponible	: Fotometría de Emisión de Llama
Relación: C/N	: Por cálculo
Calcio	: Método Volumétrico
Magnesio	: Método Volumétrico
Sodio	: Fotometría de Emisión de Llama
Impurezas	: Tamizaje y gravimetría
Recuento de Coliformes Totales	: Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo
Recuento de Coliformes Fecales	: Número más probable por tubos múltiples en caldo Brila

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 16 / 09 - 21 / 09 / 2021

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 22 / 09 / 2021



RICARDO ARRAÑO MOSES CALAPUTA CARBENAS
GERENTE GENERAL CRP 9791
LABORATORIO I+D E.I.R.L. (i+D)

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250
Correo electrónico: laboratorio.id.pedregal@gmail.com

i) Evidencia fotográfica

Registro de peso de plumas



Cálculo de proporción de plumas por pollo



Ubicación de puntos de muestreo



Muestras de suelo de granja



Almacenamiento de plumas en centro de faenamiento.



Pretratamiento de plumas de pollo.



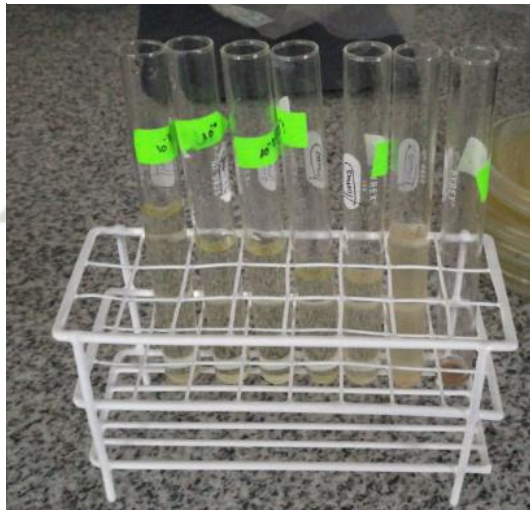
Secado de plumas de pollo



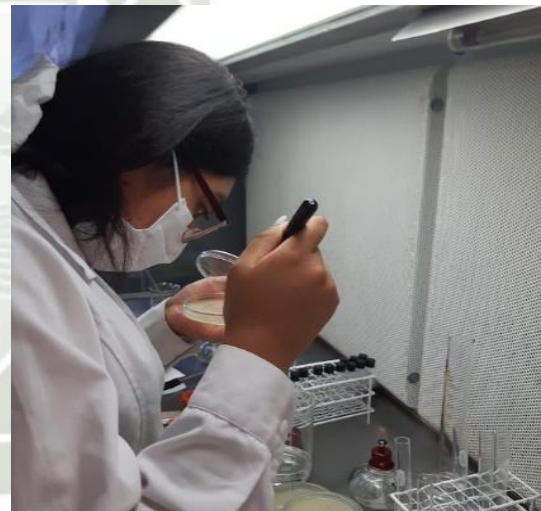
Aislamiento de bacterias queratinolíticas



Dilución seriada 10-7



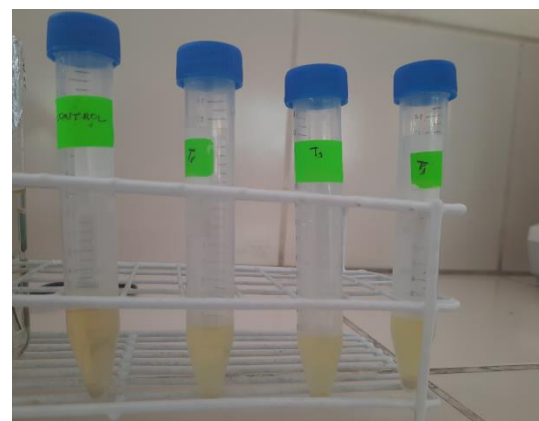
Siembra en cámara de flujo de bacterias aisladas



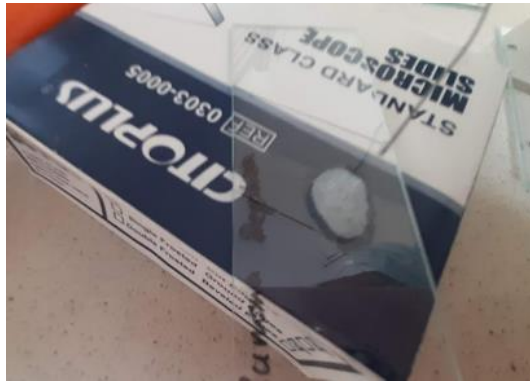
Determinación primaria de queratinasa



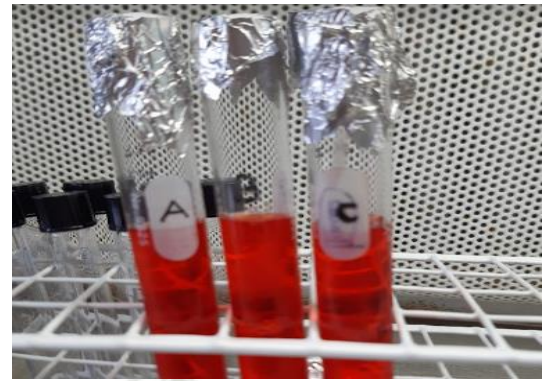
Prueba secundaria de queratinasa



Prueba catalasa



Hidrólisis de gelatina



Prueba de almidón



Prueba de lecitinasa



Obtención de plumas del centro de faenamiento



Obtención de residuos de poda del vivero municipal del distrito Cerro Colorado



Obtención de estiércol de bovino



Plumas de pollo para determinación de actividad queratinolítica de bacterias aisladas



Caldo nutritivo de plumas



Pollos vivos llegando al centro de faenamiento



Degollado de pollos



Etapa de desplume de pollos



*Elaboración de desnivel para
instalación de pilas*



Implementación de plumas



Instalación de tubo de aireación pasiva



Instalación de las 12 pilas



*Medición de temperatura de las pilas de
compostaje*



Medición de pH



Tiras de pH para monitoreo



Riego de pilas de compostaje



Tamizado de compost cosechado



Plumas degradadas



Volteo de pilas de compostaje



Zona de acopio de plumas de pollo



j) Análisis de varianza de los tratamientos experimentales

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Conductividad eléctrica (dS/m) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	0.66	0.22	7.336	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.04	0.04	1.393	5.32	11.26	NS
Factor 02 (% Plumas) P	1	0.00	0.00	0.078	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	0.62	0.62				
Error	8	0.24	0.03				
TOTAL	11	0.90					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro pH del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	1.62	0.54	7.406	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.96	0.96	13.104	5.32	11.26	☀☀
Factor 02 (% Plumas) P	1	0.07	0.07	0.986	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	0.59	0.59				
Error	8	0.58	0.07				
TOTAL	11	2.21					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Humedad (%) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	33.66	11.22	7.550	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.45	0.45	0.304	5.32	11.26	NS
Factor 02 (% Plumas) P	1	32.11	32.11	21.606	5.32	11.26	☀☀
Interaccion P x B	1	1.10	1.10				
Error	8	11.89	1.49				
TOTAL	11	45.55					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Potasio (%) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	0.004	0.001	0.194	4.07	7.59	NS
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.001	0.001	0.118	5.32	11.26	NS
Factor 02 (% Plumas) P	1	0.002	0.002	0.231	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	0.002	0.002				
Error	8	0.056	0.007				
TOTAL	11	0.061					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Materia orgánica (%) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	407.71	135.90	7.314	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	326.25	326.25	17.558	5.32	11.26	☀☀
Factor 02 (% Plumas) P	1	42.98	42.98	2.313	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	38.49	38.49				
Error	8	148.65	18.58				
TOTAL	11	556.37					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Fosforo (%) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	0.22	0.07	7.470	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.22	0.22	22.155	5.32	11.26	☀☀
Factor 02 (% Plumas) P	1	0.00	0.00	0.008	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	0.00	0.00				
Error	8	0.08	0.01				
TOTAL	11	0.30					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro Nitrógeno (%) del Compost final

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	22.66	7.55	13.396	4.07	7.59	☀☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	11.80	11.80	20.931	5.32	11.26	☀☀
Factor 02 (% Plumas) P	1	4.86	4.86	8.627	5.32	11.26	☀
Interaccion P x B	1	5.99	5.99				
Error	8	4.51	0.56				
TOTAL	11	27.17					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro relación carbono/nitrógeno (%) del Compost final

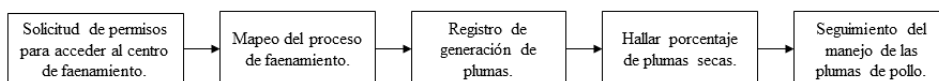
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	0.44	0.15	5.849	4.07	7.59	☀
Factor 01 (Bacterias) B	1	0.30	0.30	11.946	5.32	11.26	☀☀
Factor 02 (% Plumas) P	1	0.07	0.07	2.801	5.32	11.26	NS
Interaccion P x B	1	0.07	0.07				
Error	8	0.20	0.03				
TOTAL	11	0.64					

Análisis de Varianza de los Tratamientos Experimentales y los Factores en estudio del parámetro bacterias coliformes del Compost final

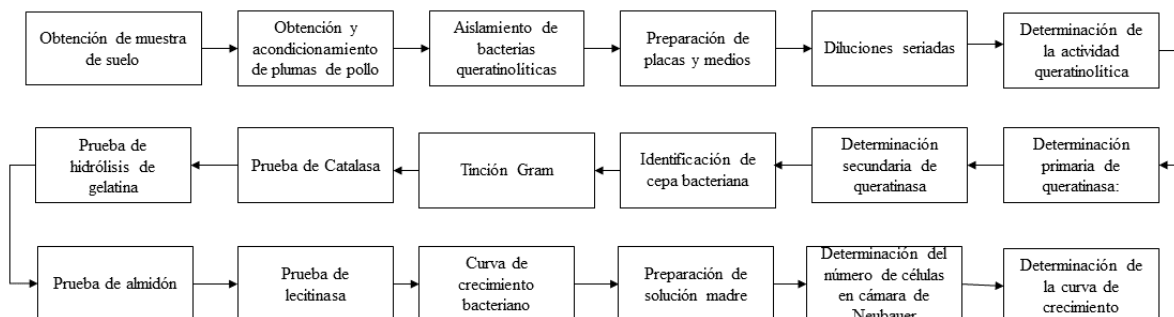
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig.
Tratamientos	3	1196921.00	398973.67	13.940	4.07	7.59	☼☼
Factor 01 (Bacterias) B	1	178120.33	178120.33	6.224	5.32	11.26	☼
Factor 02 (% Plumas) P	1	287680.33	287680.33	10.052	5.32	11.26	☼
Interacción P x B	1	731120.33	731120.33				
Error	8	228962.67	28620.33				
TOTAL	11	1425883.67					

k) Diagrama de las tres etapas del método de investigación

Etapa 1. Diagnóstico situacional acerca de la producción y manejo de plumas en un centro de faenamiento avícola



Etapa 2. Obtención de bacterias queratinolíticas con potencial de degradación de plumas de pollo



Etapa 3. Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de compost de plumas con bacterias queratinolíticas a escala piloto

